



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**Aplicación del SMED para incrementar la productividad en la línea  
Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables Lima 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Ucharico Guevara, Estela Isabel (ORCID: 0000-0001-9031-8730)

Zevallos Nishimura, Miguel Antonio (ORCID: 0000-0002-0141-813X)

**ASESOR:**

ING. Molina Vílchez, Jaime Enrique (ORCID: 0000-0001-7320-0618)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productividad

LIMA - PERÚ

2020

**Dedicatoria**

Dedicamos este proyecto de investigación principalmente a Dios, por guiarnos y protegernos en esta etapa de nuestra vida profesional, a nuestra familia por ser el motor y motivo de cada esfuerzo para seguir adelante y cumplir nuestros objetivos.

**UCHARICO GUEVARA**, Estela Isabel.

**ZEVALLOS NISHIMURA**, Miguel Antonio.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por darnos la salud y la vida, a nuestros padres por enseñarnos buenos valores y a nuestras esposas por apoyarnos, comprendernos día a día en nuestros estudios, y por estar siempre orgullosos de nuestros logros.

**UCHARICO GUEVARA**, Estela Isabel.

**ZEVALLOS NISHIMURA**, Miguel  
Antonio.

## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Contenidos .....	iii
Índice de Tablas.....	iv
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Gráficos .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	8
III. METODOLOGÍA .....	17
3.1 Tipo y diseño de Investigación .....	18
3.2 Variables, Operacionalización .....	19
3.3 Población muestra y muestreo, unidad de análisis.....	22
3.4 Técnicas e Instrumento de recolección de datos.....	24
3.5 Procedimientos .....	26
3.6 Método de análisis de datos.....	68
3.7 Aspectos éticos.....	68
IV. RESULTADOS .....	69
V. DISCUSIÓN.....	95
VI. CONCLUSIONES .....	99
VII. RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS .....	103
ANEXOS.....	109

## Índice de tablas

Tabla N°1 Matriz de Correlación .....	5
Tabla N°2 Ordenamiento de números de ocurrencias .....	6
Tabla N°3 Matriz de priorización .....	7
Tabla N°4. Juicio de expertos del instrumento de validación .....	25
Tabla N°4. Productos de Cables .....	29
Tabla N°5. Principales Clientes .....	30
Tabla N°7 Actividades de preparación de máquina .....	32
Tabla N°8 Operaciones externas y Operaciones internas .....	34
Tabla N°9 Actividades de Tiempo de preparación.....	35
Tabla N°10 Productividad Pre Test .....	36
Tabla N°11 Eficiencia Pre - test.....	37
Tabla N°12 Eficacia Pre - test .....	38
Tabla N°13 TPC – Disponibilidad de máquina.....	40
Tabla N°14 Tiempo de parada de cambio Pre test.....	41
Tabla N°15 Disponibilidad de máquina Pre test .....	42
Tabla N°16 Tiempo de actividad en la línea trefiladora .....	47
Tabla N°17 Identificación y conversión de operaciones .....	50
Tabla N°18 Comparativo de Tiempo de cambio de formato .....	53
Tabla N°19 Cronograma a ejecutar .....	55
Tabla N°20 Productividad Post Test.....	56
Tabla N°21 Eficiencia Post - test .....	57
Tabla N°22 Eficacia Post - test.....	58
Tabla N°23 TPC – Disponibilidad de máquina Post Test.....	60
Tabla N°24 Cuadro comparativo de la productividad.....	62
Tabla N°25 Recursos no monetarios invertido en el proyecto .....	65
Tabla N°26 Recursos monetarios invertido en el proyecto .....	65
Tabla N°27 Flujo de Caja económico de la solución.....	67
Tabla N°28 Distribución de Frecuencias de Pretest Tiempo de Cambio de Operación .....	71
Tabla N°29 Distribución de Frecuencias de Postest Tiempo de Cambio de Operación .....	71

Tabla N°30 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Tiempo de Cambio de Operación .....	72
Tabla N°31 Distribución de Frecuencias de Pretest de Disponibilidad de Máquina. ....	74
Tabla N°32 Distribución de Frecuencias de Postest de Disponibilidad de Máquina. ....	74
Tabla N°33 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Disponibilidad de Maquina .....	75
Tabla N°34 Distribución de Frecuencias de Pretest de Eficiencia .....	77
Tabla N°36 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Eficiencia. ....	78
Tabla N°37 Cuadro de Distribución de Frecuencias de Pretest de Eficacia .....	80
Tabla N°38 Cuadro de Distribución de Frecuencias de Postest de Eficacia .....	80
Tabla N°39 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Eficacia ..	81
Tabla N°40 Distribución de Frecuencias de Pretest de Productividad .....	83
Tabla N°41 Distribución de Frecuencias de Postest de Productividad.....	83
Tabla N°42 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Productividad .....	84
Tabla N°43 Prueba de normalidad de Productividad .....	86
Tabla N°44 Prueba de muestras emparejadas de Productividad pretest y postest .....	88
Tabla N°45 Prueba de normalidad de Eficiencia pretest y postest .....	89
Tabla N°46 Prueba de muestras emparejadas de eficiencia .....	90
Tabla N°47 Prueba de normalidad de Eficacia pretest y postest .....	91
Tabla N°48 Prueba de muestras emparejadas de eficacia .....	92

## Índice de figuras

Figura N°1 Diagrama de Ishikawa .....	5
Figura N°2 SMED Libro Shingo, Shigeo .....	13
Figura N°3 Fases del SMED según Shingo Shingeo .....	14
Figura N°4 Formula de Tiempo de cambio .....	14
Figura N°6 Formula de la Productividad .....	15
Figura N°7 Factores de la producción de la empresa .....	16
Figura N°8 Esquema del Diseño de Investigación .....	19
Figura N°9 Formula del tiempo de cambio .....	20
Figura N°10 Formula de la disponibilidad de máquina .....	21
Figura N°11 Formula de la Productividad .....	21
Figura N°12 Formula de la Eficiencia .....	22
Figura N°13 Formula de la Eficacia .....	22
Figura N°14 Formula de la Muestra .....	23
Figura N°16 Formula de muestra .....	24
Figura N°17 Formula Desviación estándar .....	24
Figura N°18 Organigrama Funcional .....	27
Figura N°19 Diagrama de Operación de Procesos. (D.O.P) .....	28
Figura N°20 Diagrama de Actividad del proceso .....	33
Figura N°21 Fotos de la línea Trefiladora bifilar .....	44
Figura N°22 Fotos de la línea Trefiladora bifilar – Utillaje Dados .....	44
Figura N°23 Evidencia de las capacitaciones .....	46
Figura N°24 Diagrama de actividades del proceso trefilado .....	48
Figura N°25 Conversión de operaciones internas a externas .....	49
Figura N°26 Diagrama de actividad del proceso .....	51
Figura N°27 SMED y mejora continua .....	52

## Índice de gráficos

Gráfico N°1 Diagrama de Pareto .....	6
Gráfico N°2 Estratificación por áreas.....	7
Gráfico N°3 Barras de le eficiencia pre test.....	37
Gráfico N°4 Barras de le eficacia .....	38
Gráfico N°5 Barras de los indicadores de Producción .....	39
Gráfico N°6 Gráfico de Barras del Tiempo de parada de cambio .....	41
Gráfico N°7 Gráfico de barras de la Disponibilidad de Máquina .....	42
Gráfico N°8 Barras de la Eficiencia post-test.....	57
Gráfico N°9 Barras de la Eficacia post .....	58
Gráfico N°10 Barras de los Indicadores de productividad.....	59
Gráfico N°11 Barras del Tiempo de parada por cambio post.....	61
Gráfico N°12 Barras de la Disponibilidad de máquina post .....	61
Gráfico N°13 Gráfico de la Productividad pres-test vs. post-test .....	62
Gráfico N°14 Gráfico de la Eficiencia pres-test vs. post-test.....	63
Gráfico N°15 Gráfico de la Eficacia pres-test vs. post-test .....	63
Gráfico N°16 Gráfico del tiempo de cambio de formato pres-test vs. post-test	64
Gráfico N°17 Gráfico de la Disponibilidad de máquina pres-test vs. post-test .	64
Gráfico N°18 Histogramas de Tiempo de Cambio de Operación Pretest y Postest.....	73
Gráfico N°19 Histogramas de Disponibilidad de Maquina de Pretest y Postest	76
Gráfico N°20 Histogramas de eficiencia de Pretest y Postest .....	79
Gráfico N°21 Histogramas de eficacia de Pretest y Postest .....	82
Gráfico N°22 Histogramas de Productividad de Pretest y Postest.....	85



## **Resumen**

La “Aplicación del SMED para aumentar la productividad en la línea trefiladora bifilar en una fábrica de cables Lima 2020”. Tuvo como objetivo principal la aplicación del SMED para incremento de productividad. El enfoque es cuantitativo, diseño experimental de tipología pre-experimental, Esta técnica permite disminuir el tiempo de preparación de la máquina, mejorar la disponibilidad e incrementar la productividad.

En nuestro estudio el SMED (Variable independiente) y Productividad (Variable dependiente). La población se encuentra conformado por 80 datos del historial de la organización de la línea trefiladora bifilar, extraídas del SAP (Sistema, Aplicaciones y Productos), el cual brinda la conformidad de unidades producidas por turnos del día, los tiempos trabajados y duración de las paradas de máquina, durante un periodo de 3 meses que estiman un antes y un después.

Se concluye que al aplicar la metodología SMED en la Fábrica de cables. Incremento de productividad en un aproximado del 7%, en el cual se demuestra con mayor disponibilidad y calidad de la línea de producción, que a su vez también se evidencia en la reducción de tiempo al cambio de formato, respondiendo a la demanda y exigencias de los clientes y consumidores.

Palabras clave: SMED, Productividad, Eficiencia, Eficacia.

## **Abstract**

The "Application of SMED to increase productivity in the two-wire drawing line in a Lima 2020 cable factory". Its main objective was the application of the SMED to increase productivity. The approach is quantitative, experimental design of pre-experimental typology. This technique allows to reduce the preparation time of the machine, improve availability and increase productivity.

In our study the SMED (Independent variable) and Productivity (Dependent variable). The population is made up of 80 data from the history of the organization of the two-wire drawing line, extracted from the SAP (System, Applications and Products), which provides the conformity of units produced by shifts of the day, the times worked and duration of the Machine shutdowns, during a period of 3 months that estimate a before and after.

It is concluded that when applying the SMED methodology in the Cable Factory. Increase in productivity of approximately 7%, which is demonstrated with greater availability and quality of the production line, which in turn is also evidenced in the reduction of time to change the format, responding to the demand and requirements of customers and consumers.

**Keywords:** SMED, Productivity, Efficiency, Effectiveness

## I. INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en tiempos de globalización, donde las industrias de metalmecánica se ven obligadas a tener más flexibilidad en las demandas altamente competitivos del mercado actual, debido de la gran variedad de productos que los clientes externos exigen con menor tiempo de entrega. Para cual se debe ser competitivo en el mercado.

Según el Staff de consultores Productivity Latinoamérica, se implementó la metodología SMED con resultados muy favorables en la empresa Jugos del Valle, industria productora de bebidas referente del grupo Coca Cola y Femsa. En la línea de envasados nombrada “Hot Fill” en su planta de Tepotzotlán México. Obteniendo como resultado una reducción de tiempo en cambio de 68%, y una productividad eficiente en tan solo cuatro días. (PRODUCTIVITY LATINOAMERICA, 2013 pág. 1) El SMED ha demostrado gran utilidad en las empresas para reducir tiempos y clasificar los trabajos en las áreas, métodos de procesos, resultados y técnicas de trabajo que permite poder hacer los cambios en minutos. (BENTO DA SILVA, y otros, 2019 pág. 1).

En cuanto la variable dependiente Productividad a nivel internacional, Según (SURESH, y otros, 2012), indican que las industrias automotrices están adoptando herramientas y técnicas para aumentar la productividad, disponibilidad operativa y mejor eficiencia de la línea de producción. Este artículo describe que la productividad mejora mediante la reducción del tiempo de preparación en una prensa de fagor aplicando la técnica SMED. Para reducir el tiempo en un proceso de fabricación de forma rápida y eficiente. El resultado muestra que el cambio de herramienta con el tiempo se redujo 28 minutos y un aumento de la producción de 92200 piezas a 98080 piezas, es decir, 5800 piezas aumentadas en la producción con ayuda de la metodología SMED.

Según (DÍAZ ESQUIVEL, 2018), para la variable independiente a nivel nacional. En la compañía Grupo Bebidas Refrigerantes S.A, se implementó la metodología SMED, con el propósito de reducir los tiempos en cambio de formato en la llenadora de la línea de embotellado L-822. Los resultados fueron reducción en los tiempos del cambio de formato en un 42.22%, aumentando la disponibilidad de la máquina, lo que significa que se programará mayor volumen de producción en todos los formatos. Justamente se concluye que incrementó

considerablemente la productividad en un 97.47% con la implementación de la metodología SMED.

(Namuche, y otros, 2016) En el estudio de la variable dependiente nacional indica que con la aplicación de Lean Manufacturing (OEE Y SMED) aumenta la productividad en una Empresa Esparraguera, se realizó un diagnóstico de los sub-procesos del área de producción para identificar los problemas que afectan directamente a la productividad; siendo la problemática paradas de máquinas, tiempos muertos en líneas de producción y sobre stock de producto terminado. Para minimizar estos problemas se aplicó herramientas de Lean Manufacturing (OEE Y SMED). Esto refleja un incremento de la productividad de un 5%, así como una disminución de paradas correctivas, preventivas, tiempo de ciclo, días de inventario y tiempo improductivo.

El trabajo de investigación aplicación del SMED; se enfocará en la realidad problemática de una fábrica de cables; Siendo la máquina Trefiladora Bifilar donde se encuentra nuestras deficiencias, observándose una baja eficiencia y perdida de tiempos muertos en el cambio de línea, los actuales niveles de productividad son de 63% y mi disponibilidad para poder efectuar el plan de producción es que la productividad sea del 70 %. La priorización de las causas y la sustentación que el SMED es la mejor herramienta para mejorar los tiempos de cambio y lograr aumentar la actividad de línea, mejorando los procesos que podemos ver explicado en el anexo 5.

Para solucionar la problemática se buscó las principales causas para ser priorizada mediante el diagrama de Pareto, identificando así el 80% de las causas. Posteriormente se elabora la matriz de estratificación por áreas, obteniendo como resultado que las causas que se encuentran en la zona de procesos. Finalmente se realiza la matriz de alternativas de solución concluyendo que la metodología SMED es la mejor herramienta para acortar los tiempos de cambio y ampliar la actividad de línea.

El problema general está definido ¿Cómo la aplicación del SMED incrementará la productividad en la línea trefiladora bifilar en una fábrica de cables, Lima 2020?; el problema específico 1 ¿Cómo la aplicación del SMED incrementará la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020?; el

problema específico 2 ¿Cómo la aplicación del SMED incrementará la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020?

La justificación práctica. El trabajo de estudio tuvo como propósito aumentar la productividad, reduciendo los tiempos comprometiendo al operador y supervisor del área para la práctica del SMED mejorando así la eficiencia de la línea de producción. (SÁENZ LÓPEZ , y otros, 2012 pág. 20) refieren que: investigación tiene una justificación práctica a través de su avance estas contribuyen a determinar un problema o sugerir diversas estrategias que contribuirán en solución de estos. La justificación metodológica se podrá estandarizar los procesos para lograr los objetivos de investigación empleando el SMED, se identifica cuáles son los procesos y las causas que demanden el tiempo en el cambio de máquina. Permitiendo responder la hipótesis y cumplir el objetivo en el cambio de línea de la trefiladora bifilar. De acuerdo (VALDERRAMA, 2013 pág. 140) Difiere que: comprende a la utilidad beneficiosa del investigador en el manejo de metodologías y técnicas que sirven de cooperación para el estudio de la problemática. La justificación económica. Con la aplicación del SMED podremos disminuir el tiempo y los costos que son generados por los reprocesos en el cambio de línea e incrementar las utilidades de la empresa, dicho ahorro económico alcanzara una reducción mensual de S/. 48,000. De acuerdo con (CASTAÑEDA JIMÉNEZ, 2011 pág. 23) Cuando un inspector requiere financiación en su investigación, se ve obligado a ejecutar una buena prueba para la institución que conozca pueda preocuparse en invertir en él.

El objetivo general está definido en, determinar como la aplicación SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020. El objetivo específico 1, determinar como la aplicación SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020. El objetivo específico 2, determinar como la aplicación SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

La hipótesis general formula que la aplicación del SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020. La hipótesis específica 1, La aplicación del SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020. La hipótesis

específica 2, La aplicación del SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Se muestra las causas raíces del problema en la Fig.1

Figura N°1 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

La figura 1 Diagrama de Ishikawa. Al aplicar la técnica 6 Ms se observan las causas de la menor productividad en la Línea de Trefiladora Bifilar en la Fábrica de Cables Lima 2020.

Para analizar la significancia de las dificultades, emplearemos el método de Pareto, enumeraremos nuestras de dificultades en la matriz de correlación, Ver tabla 1.

Tabla N°1 Matriz de Correlación

Causas que originan baja productividad en la línea Trefiladora Bifilar		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	Influencia	Nivel	
1	Inadecuada planificación de productos	C1	5	5	3	3	5	1	5	3	3	1	3	3	40	ALTA INFLUENCIA	5
2	Inadecuado procedimientos de fabricación	C2	3	5	5	5	5	5	5	3	5	5	3	5	54	MEDIA INFLUENCIA	3
3	Falta de compromiso (Ausentismo)	C3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	BAJA INFLUENCIA	1
4	Falta de capacitación (Exceso de confianza)	C4	1	1	3	1	1	3	1	1	0	1	0	1	14	NULA INFLUENCIA	0
5	Ordenes equivocadas por la supervisión	C5	1	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7		
6	Falta de control tiempos en los procesos (supervisores y trabajadores)	C6	5	3	0	0	0	3	0	3	1	0	0	0	15		
7	Incumplimientos del programa de producción	C7	0	3	1	3	5	0	3	1	1	1	0	0	18		
8	Falta identificación de la materia prima	C8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2		
9	Mala calidad de la materia prima	C9	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
10	Presencia de altas temperaturas estrés térmico (Falta de extractores de gases)	C10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
11	Poca iluminación en zona de trabajo	C11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
12	Falta de herramientas	C12	3	1	1	1	3	1	0	1	1	0	0	0	13		
13	Falta de mantenimiento preventivo	C13	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2		

Fuente: Elaboración propia

Matriz de correlación se aprecia las causas que dan mayor presión frente a nuestro problema donde la mayor correlación es; Inadecuado procedimientos de fabricación, Inadecuado planificación de productos, falta de control de tiempos en los procesos, Incumplimientos del programa de producción.

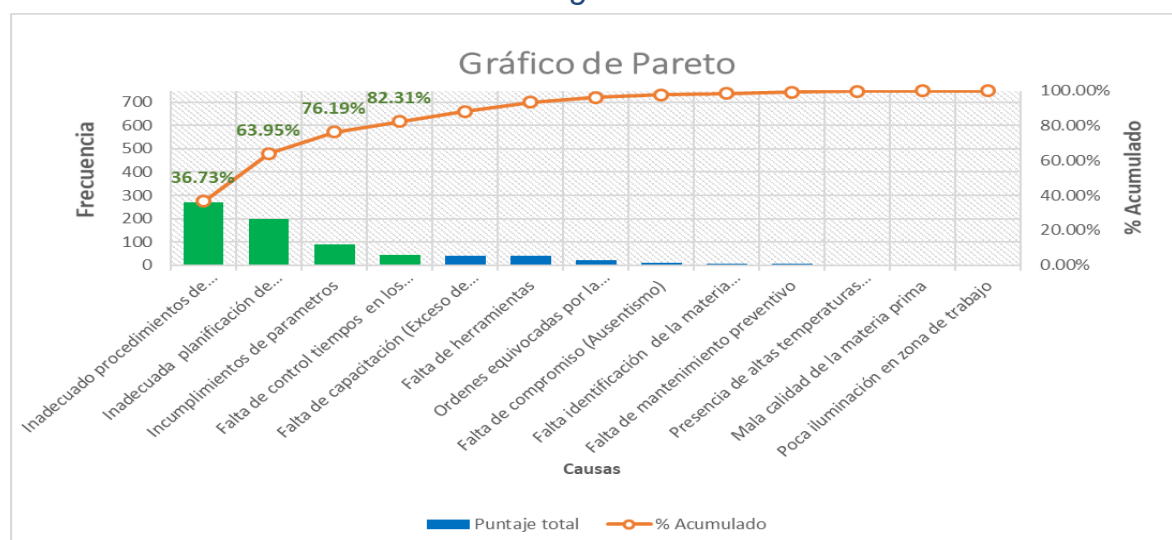
Tabla N°2 Ordenamiento de números de ocurrencias

	Causas que originan baja productividad en la Trefiladora Bifilar	Puntaje total	%	% Acumulado
C2	Inadecuado procedimientos de fabricación	270	36.73%	36.73%
C1	Inadecuada planificación de productos	200	27.21%	63.95%
C7	Incumplimientos de parametros	90	12.24%	76.19%
C6	Falta de control tiempos en los procesos(supervisores y trabajadores)	45	6.12%	82.31%
C4	Falta de capacitación (Exceso de confianza)	42	5.71%	88.03%
C12	Falta de herramientas	39	5.31%	93.33%
C5	Ordenes equivocadas por la supervision	21	2.86%	96.19%
C3	Falta de compromiso (Ausentismo)	10	1.36%	97.55%
C8	Falta identificación de la materia prima	6	0.82%	98.37%
C13	Falta de mantenimiento preventivo	6	0.82%	99.18%
C10	Presencia de altas temperaturas estrés térmico(Falta de extractores de gases)	3	0.41%	99.59%
C9	Mala calidad de la materia prima	2	0.27%	99.86%
C11	Poca iluminación en zona de trabajo	1	0.14%	100.00%
		735	100.00%	

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla se percibe que el origen total de frecuencia, que ha sido apreciado con el punto de relación que tienen las causas mostradas con el principal problema y respectivo % acumulado. Las 4 principales causas que llegan el porcentaje acumulado de 82,31% en lo cual nos enfocaremos para aplicar la metodología SMED.

Gráfico N°1 Diagrama de Pareto

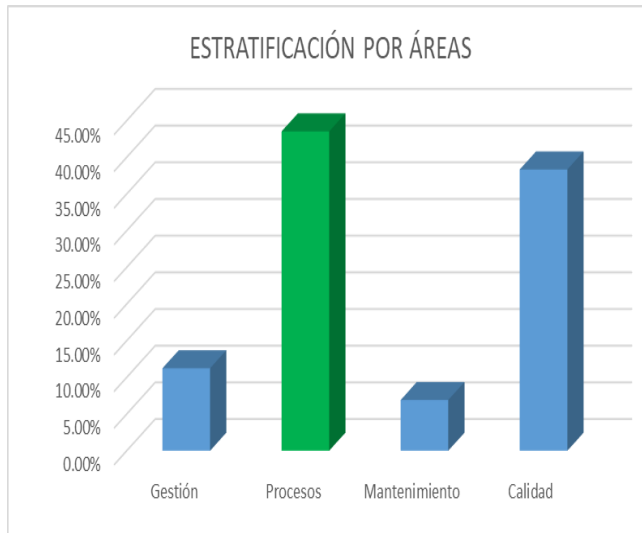


Fuente: *Elaboración propia*



Se puede observar que nuestra preocupación en la empresa es por inadecuado procedimiento de fabricación (36.73%), así como Inadecuada planificación de productos (27.21%), los cuales son los que más predominan a una menor producción en la línea trefiladora bifilar.

*Gráfico N°2 Estratificación por áreas*



La estratificación de las principales causas que se observa en el gráfico n°2, segmentado en cuatro categorías: gestión, calidad, procesos y mantenimiento, donde es el área de procesos con un 45% de las causas que generan baja productividad.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla N°3 Matriz de priorización**

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN														
CONSOLIDACIÓN DE CAUSAS POR ÁREAS	MÉTODOS	MEDICIONES	MANO DE OBRA	MATERIALES	AMBIENTE	MAQUINARIA	Nivel de criticidad	Total de problemas	Porcentaje	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a realizar	
	PROCESOS	3	2	2	0	0	1	ALTO	8	40.00%	5	40	1	Implementación de metodología SMED
	GESTIÓN	2	0	0	1	1	0	BAJO	4	20.00%	3	12	3	Sistema de gestión ( KPI )
	CALIDAD	0	2	0	1	1	1	MEDIO	5	25.00%	5	25	2	Implementación de metodología 5S's
	MANTENIMIENTO	0	0	2	0	0	1	BAJO	3	15.00%	3	9	4	Programa Mantenimiento Preventivo
	TOTAL DE PROBLEMAS								20	100.00%				

*Fuente: Elaboración propia*

En la matriz de priorización la implementación del SMED, es la herramienta para mejorar los procesos en la producción en la fábrica de cables.

## II. MARCO TEÓRICO

(DÍAZ ESQUIVEL, 2018) En su tesis de investigación *Aplicación de Metodología SMED para reducir tiempos de cambio en formato de la línea de Embotellado Grupo Bebidas Refrigerantes S.A.* Tuvo como objetivo Disminuir los tiempos en cambio de formato en la llenadora modelo H&K VF 72/14, de la línea embotelladora L-822. Fue un estudio de tipo aplicativo diseño experimental, su población de análisis es el área de producción, se realizó la muestra de cambio de formato donde se pudo reducir el tiempo de cambio de 1.5 horas a 0.87 horas y disminuir los procesos de 22 a 20 ítems. Con muestreo entre los meses de julio a diciembre, Los instrumentos empleados fue recolectar datos en el formato implementado. El principal resultado fue un aumento de la productividad de la llenadora de botellas de 97.47% en comparación del mes de enero a junio. Se concluyó que la adaptación de la metodología SMED incremento la productividad, mayor volumen de producción y flexibilidad en el cambio de formato.

(VIZCONDE REYES , 2017) En su investigación *Aplicación de la herramienta SMED para mejorar la productividad en el área de maestranza de Industria Metalmecánica Montes S.A.C., Puente Piedra Lima 2017.* Tuvo como objetivo establecer que la aplicación del SMED aumenta la productividad en el área de maestranza de industria metalmecánica montes S.A.C. Fue una investigación de tipo aplicado de diseño experimental, empleando técnica de visualización e informe de fichas. La población de estudio fue medir la producción de las piezas mecánicas 30 días antes y 30 días después, El instrumento para la fiabilidad fue la prueba de normalidad Shapiro Wilk; y analizados por un software, SPSS. Los resultados obtenidos anteriormente y posterior a la prueba con una importancia bilateral menor a 0.05 y nivel de confianza de 95%. En conclusión, aplicando el SMED incremento la producción en 34.5% con una diferencia de 0.158 y es aplicable para determinar la reducción de los costos y tiempos en la empresa.

(LASCANO COCA, 2015) En su tesis de investigación *Aumento de la productividad en el proceso de cambio de formato utilizando SMED para el caso de envasado de cerveza,* Tuvo el objetivo de incrementar la producción y optimizar el tiempo durante los cambios en formato de línea de envasado de cerveza aplicando el método SMED, Fue un estudio de aplicado diseño experimental, la población y muestra está integrada por la línea 2 de envasado de cerveza, siendo un muestreo no probabilístico; los instrumentos de investigación empleados fueron las fichas de

registros, Los resultados alcanzados fueron disminuir los períodos de parada y elevar los índices de disposición de máquina para ser productiva, siendo capaz de convertir el 50 % de actividades internas en externas, logrando así notable resultados en el cambio inicial, siendo de 2 horas 20 min reduciendo a 1 hora 20 min. Finalmente se concluyó que la intención del trabajo es incrementar la productividad de una línea de envasado de cerveza.

(ANTOSZ, y otros, 2018), *The Original scientific paper Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stands*. El objetivo es determinar qué efectos podría esperar la compañía después de la implementación del SMED en varios puestos de trabajo de producción. Fue un estudio de tipo aplicativo diseño experimental, la población de estudio son las áreas de procesos en la empresa, la muestra de recolección de información de diferentes procesos, los instrumentos utilizados fue el uso del sistema informático computarizado para poder tener los datos de implementación del SMED. Los principales resultados fueron el ahorro en los costos de 2% y los cambios propuestos en la documentación. Se concluyó que las empresas están buscando nuevas herramientas, el uso del SMED mejoro los tiempos y redujo los cambios en el proceso.

La revista Reacción (Application of SMED methodology to internal grinding process of mechanical carbon bushing, 2019) En su artículo *Aplicación del SMED a proceso de rectificado interior de buje de carbón mecánico*. En la empresa manufacturera de maquinado de bujes de carbón y proceso de ajuste en cuatro rectificadoras que tuvo como objetivo disminuir el tiempo del ajuste en la maquina rectificadora, se realiza un estudio de tipo aplicativo diseño experimental con una población de estudio del área de las cuatro máquinas rectificadoras, la muestra se realizó primero con la observación de los procesos actuales donde se evidencio los problemas, el exceso de tiempo y procesos externos a ellos, los *instrumentos* empleados fueron el check list y ayuda visual del proceso donde se identifican las causas de demora en la máquina. Los principales resultados obtenidos fue la reducción del transporte de herramientas de la máquina de 13 a 5 transportes en el turno de 8 horas y un ahorro de tiempo en el proceso de 9,36 mm por máquina. En deducción, con la implementación del SMED se logra una reducción de tiempo del 15% donde se identifican las causas de los procesos innecesarios en las maquina rectificadoras.

(BENJAMIN JEBARAJ, y otros, 2013) *The Original scientific paper The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm*. El objetivo es reducir la pérdida de tiempo de paradas utilizando la herramienta SMED de forma eficiente. Fue un estudio aplicativo y diseño experimental, la población fue el área de procesos productivos de la industria manufacturera, la muestra fue realizada antes y después de aplicar la metodología SMED, los instrumentos empleados fueron la toma de tiempos con un cronometro y observación de las actividades para describir las causas de los procesos innecesarios. El principal resultado obtenido fue que se elimina los procesos innecesarios en un 2.08 % y se demuestra la efectividad de la herramienta. Se concluyó que usando la metodología SMED se logró mejorar procesos y bajar los tiempos de paradas existentes en cambios, mejorando así la eficiencia de producción en la empresa.

International Research Journal of Engineering and Technology (2016) *Set-up Time Reduction of a Manufacturing Line using SMED*. El objetivo es reducir el tiempo de preparación en la máquina de prensa. Fue un estudio tipo aplicativo con diseño experimental, la población de estudio son las máquinas de prensa donde se toma las muestras del tiempo y observación de los procedimientos internas y externas. El resultado obtenido fue la reducción del tiempo de preparación de la máquina de 87 minutos a 60 minutos, es decir 27 minutos reducidos en el proceso. En conclusión, el uso de la metodología SMED fue aplicada para crear los procedimientos que obtuvieron una reducción del tiempo en 18% como los procesos y efectividad del tiempo. (RUSHUKESH, y otros, 2016).

(MALEK, y otros, 2019) *In his A case study of VSM and SMED in the food processing industry*. El objetivo es investigar como la compañía uso VSM y SMED para eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia de producción, el estudio es de tipo aplicativo y diseño experimental, su población es el área de la línea de producción de procesamiento de alimentos, los instrumentos utilizados fueron la recolección de datos, entrevistas y observación de los procesos. El resultado al aplicar la metodología VSM y SMED se redujo el tiempo en 34 % e incremento la producción en la línea en 11%.

(GONZÁLES VALENZUELA, y otros, 2017), En su artículo *Reducción de tiempos de cambio de la línea de producción de maíz en el área de empaque de una empresa elaboradora de botanas de la región sur de Bolivia*. Su objetivo es reducir

el tiempo de cambio en el área de empaque en la línea de producción de maíz para incrementar la disponibilidad de la máquina, la investigación es aplicada con diseño experimental, la herramienta SMED se desarrolla en el área de empaque de la línea de producción del maíz donde se observa los procesos y evalúan las causas, se registran las actividades y la toma de tiempos, El resultado obtenido en el área de empaque fue una reducción en los tiempos de cambio de 3.5 horas a 1.78 horas y en la limpieza de la línea de 5.63 horas a 2.47 horas. En conclusión, con la implementación del SMED se pudo disminuir los tiempos y aumentar la eficiencia en la disponibilidad de la línea de 49 % a 56%.

(SAYEM, y otros, 2014), En su artículo *Productivity enhancement through reduction of changeover time by implementing SMED technique - in furniture industry*. El objetivo es analizar los métodos de cambio (SMED), en la máquina dobladora de tubos de muebles, el estudio es tipo aplicada, la población es media en el área de la dobladora de tubo donde la muestra se enfoca en excesivos procesos, los instrumentos utilizados fueron la recolección de datos de los diferentes procesos de cambio de troquel. El resultado obtenido logró identificar las causas de los procesos innecesarios y reducir los cambios de 34.24 minutos a 11.91 minutos es decir se redujo 22.33 minutos y la productividad aumento un 65.28%. En conclusión, la implementación del SMED logra reducir el tiempo y mejorar la productividad.

Según (HERNÁNDEZ MATÍAS, y otros, 2013) SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es un conjunto de técnicas que permiten la reducción de los tiempos de habilitación de máquina. Esto se logra observando los procesos a detalle e incluyendo drásticos cambios en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, disminuyendo tiempo de preparación. Siendo una metodología clara de gran facilidad para ser aplicada y dar resultados.

Según (MULLER, 2015 pág. 80) Shigeo Shingo en su libro "A Revolution in Manufacturing: The SMED System" cuenta que la metodología SMED surgió en un estudio de análisis de eficiencia en la "planta Toyo Kogyo's Mazda" en 1950, para reducir tiempo en cambio de preparación provocadas por las prensas de moldeados en carrocerías, incrementando en un 50% la eficiencia desapareciendo así el cuello de botella. Sin embargo, fue en la compañía Toyota Motor en 1969 donde implemento los fundamentos del SMED en una prensa de 1000 toneladas que requería de 4 horas para cambiar de un molde a otro, el estudio tuvo éxito

reduciendo el cambio de serie de 4 horas a 3 minutos. Con la seguridad que el setup pudiese ser realizado en menos de 10 minutos, Shingo llamó a este concepto “Single minute Exchange of Die” SMED, que en castellano podría ser traducido “Un solo minuto para cambio de utillajes”. Para Shingo (1989): “Para hacer el SMED una realidad en el espacio de trabajo, simplemente debe demostrar sus métodos básicos a los trabajadores y dejarlos empezar una revolución SMED”. (SHINGO, 1985 pág. 52)

Figura N°2 SMED Libro Shingo, Shigeo



*Fuente: Libro (SHINGO, 1985)*

Las 4 Fases de la Metodología SMED, Según Shingo. En su libro: “A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint” Shingo define 4 fases conceptuales para el SMED:

Fase 0: No existe distinción entre las operaciones internas y externas, en esta etapa preliminar.

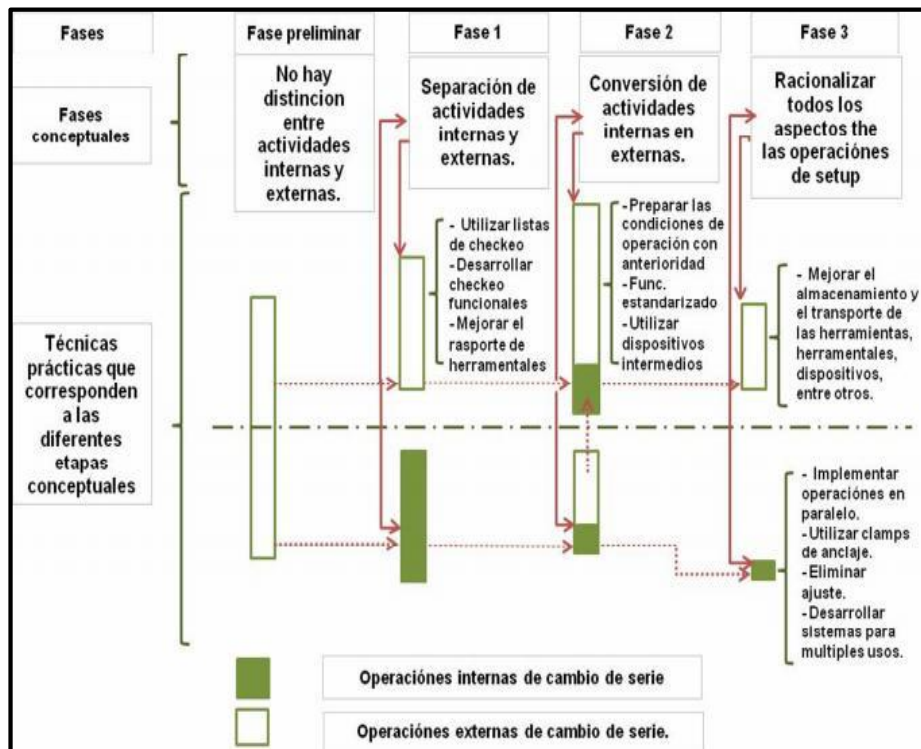
Fase 1: Separación entre operaciones internas y externas. Para Shingo esta es la etapa crucial en implementar el SMED.

Fase 2: Conversión de operaciones internas en operaciones externas. En esta etapa debe de analizar las operaciones de cambio de serie actual para determinar si alguna de las actividades realizadas como internas pueden ser convertidas en actividades externas.

Fase 3: Mejora de todas las operaciones de cambio de serie, tanto internas como externas. Etapa donde debe de analizar las operaciones internas y externas para adicionar oportunidades de mejora considerando eliminar el ajuste y racionalizar métodos de anclaje.

Estos métodos pueden reducir el tiempo de setup en menos de una vigésima del tiempo anterior.

Figura N°3 Fases del SMED según Shingo Shingeo



*Fuente: Las fases conceptuales y las técnicas prácticas de mejora. Traducción realizada por el autor en base a la gráfica expuesta por Shingo Shingo "A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint", 1989, p56.*

Tiempo de cambio; (RAJADELL, y otros, 2010 pág. 44) Es el tiempo que se demora en realizar el cambio de elaboración de un producto A otro producto B (cumpliendo todas las especificaciones de manufacturación). Este periodo es medido con un instrumento (cronometro), obviamente el ahorro de tiempo representa una reducción del tiempo de cambio.

Figura N°4 Formula de Tiempo de cambio

$$\text{Tiempo de cambio} = (T_{\text{cambio}}^{\text{OP. INT}} \text{ Antes} - T_{\text{cambio}}^{\text{OP. INT}} \text{ Después}) = \dots (\text{min.})$$

Fuente: Rajadell M, & Sánchez



OEE (Overall Equipment Effectiveness) Según (BELOHLAVEK, 2010 pág. 29), Es un indicador que permite medir la eficiencia general de los equipos que intervienen en el desarrollo productivo, todo equipo está proyectado para una medida de producción, pero en verdad siempre es menor a su posibilidad. La Eficacia Global de Equipos Productivos es un indicador fundamental para el proceso de calidad, rendimiento y disponibilidad.

**Disponibilidad de la máquina**, resulta de dividir el periodo que la maquina ha estado produciendo (Tiempo de Operación: TO) por el tiempo que la maquina podría haber estado produciendo.

*Figura N°5 Formula de Disponibilidad de máquina*

Formula Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TPO}) \times 100 \%$$

Donde:

TPO = Tiempo Total de trabajo – Tiempo de paradas Planificadas

TO= TPO – Paradas y/o Averías.

*Fuente: Libro (BELOHLAVEK, 2010)*

Según (CRUELLES RUIZ, 2012 pág. 34) “Define disponibilidad de la máquina como el tiempo de funcionamiento de la máquina o equipo con relación al tiempo planificado de funcionamiento” ; por tanto, la disponibilidad de la máquina es dada específicamente del tiempo en que la máquina está trabajando sin desperfectos, daños, ni paros que desfavorezcan la productividad de la línea.

Productividad; (GUTIÉRREZ PULIDO, 2010 pág. 21), “Se dispone que es el efecto alcanzado en un sistema para aumentar el rendimiento de los bienes utilizados para generarlos”.

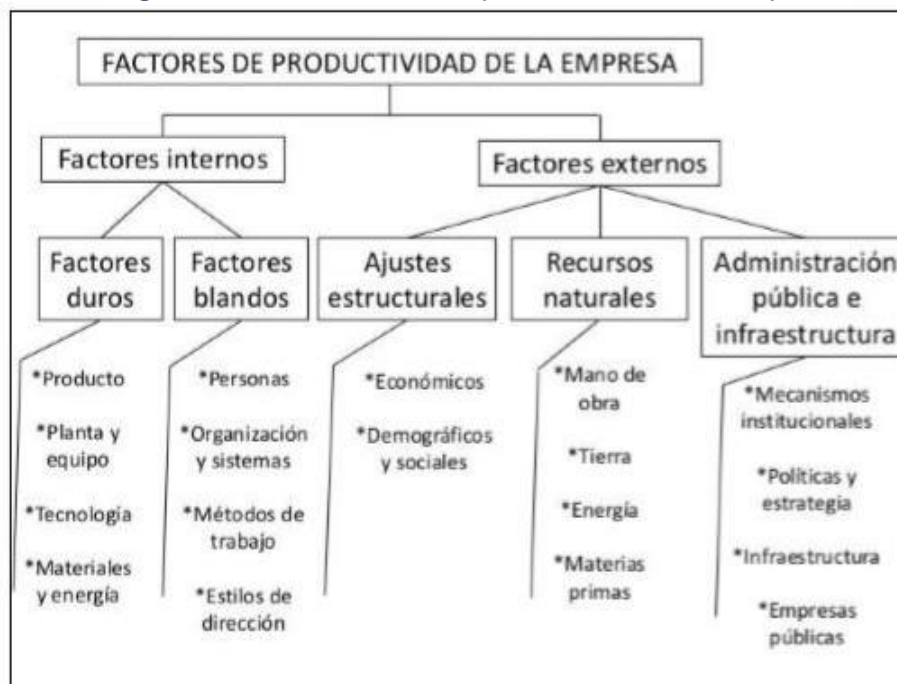
*Figura N°6 Formula de la Productividad*

Formula de productividad

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{eficacia}$$

*Fuente: Libro GUTIÉRREZ PULIDO, 2010*

Figura N°7 Factores de la producción de la empresa



*Fuente: PROKOPENKO, 1989*

Eficiencia; (GUTIÉRREZ PULIDO, y otros, 2009 pág. 7), la eficiencia es “La conexión de consecuencias alcanzadas en recursos utilizados de reducción en tiempos desaprovechados por paradas de personal o escasez, aplazamiento de la materia”.

(CRUELLES RUIZ, 2012 pág. 46), “La eficiencia evalúa y describe los materiales del producto para reducir el precio, así poder obtener el rendimiento real y el modelo previsto”.

Eficacia; (GUTIÉRREZ PULIDO, y otros, 2009 pág. 8) la eficiencia es “nivel de movimientos programados a efectuar las soluciones previas logradas; cual se entiende una máxima conclusiones logradas”.

Cruelles (CRUELLES RUIZ, 2012 pág. 46), “La eficacia es la categoría para obtener las metas; se entiende es consecuencia de resultados”.

### III. METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo y diseño de Investigación

La presente investigación a realizar es de tipo aplicada se basa a teorías y la investigación de la metodología SMED que directamente se usara en aumento de la Productividad en la línea trefiladora bifilar. De acuerdo al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC), en el artículo 2, anexo 1 de la ley 28303 inciso 18. Una investigación es aplicada cuando puede determinar por sus conocimientos científicos y tecnológicos el término de una realidad problemática (2018, pág. 65). Por su parte la Revista Dialnet, (2014 pág. 47) investigación aplicada busca directamente los problemas del sector productivo, fundamentalmente del proceso con relación de la teoría y el producto. (VARGAS CORDERO, 2009), Define una investigación aplicada como la forma de conocer las realidades y enfocarse en desarrollar acciones para mejorar las operaciones prácticas en la empresa.

Enfoque cuantitativo; (LANDEAU, 2007) & (GONZÁLES, y otros, 2014) una exploración cuantitativa busca implantar la unión de las variables con la finalidad que el resultado expliquen las causas de sus fenómenos. (ARIAS, 2012) Al desempeñar una validez del objetivo, por mediciones y valoraciones numéricas nos ayuda obtener datos fiables, con la intención de buscar explicaciones y constatar las causas estadísticas.

El Nivel de Investigación del proyecto de la trefiladora bifilar es de nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño pre experimental.

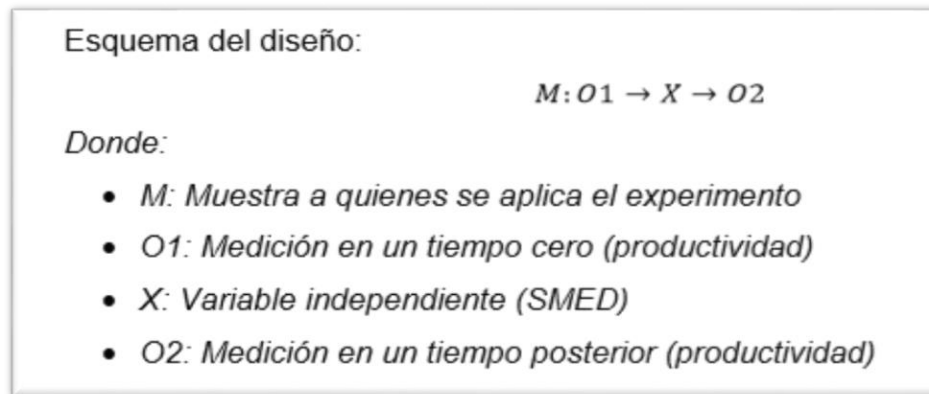
Diseño experimental; (ARIAS, 2012) Indica que el diseño experimental es aquella que se puede manipular una o varias variables con la finalidad de detallar las causas de un determinado fenómeno. (SÁENZ MEJÍA, y otros, 2018) Determina que las variables buscan relacionar las causas mediante una experimentación. De acuerdo a (GOMÉZ, 2006) Hace referencia que las variables se pueden manipular independientemente para analizar las causas o las variables dependientes para un sistema de control y poder manipular los resultados obtenidos.

Diseño explicativo; (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014) Busca explicar la relación entre dos o más variables causada por fenómenos físicos o sociales la cual deben relacionarse la variable independiente con la dependiente. (CUENCA, y otros, 2017) De acuerdo a determinadas manifestaciones se desarrollan los motivos

reales para una mejor información para la investigación descriptiva lo que permite corroborar nuestra teoría de nuestro proyecto.

Diseño Pre experimental; Se le denomina pre experimental porque su categoría de verificación es insignificante. (HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2010 pág. 138), Dicho estudio tiene una sola medida, consiste en organizar un estímulo o régimen a un grupo y posteriormente de emplear una medida de una o más variables para observa cual es el nivel del género de éstas.

Figura N°8 Esquema del Diseño de Investigación



### 3.2 Variables, Operacionalización

(ARIAS, 2012) Es un proceso donde una variable pasa del nivel indeterminado a un ambiente productivo, así poder ser medida, recolectando datos de forma competente.

#### Variable Independiente

Es el factor que tiene la facultad de repercutir o alterar a las demás variables (SAMPERIO MORLOTE, y otros, 2004). Esta variable no depende de nadie para estar presente. En una variable experimental el observador puede manipular los resultados.

Fidias G. Arias (2012).

Metodología SMED: (HERNÁNDEZ MATÍAS, y otros, 2013) SMED en su acrónimo de inglés (Single-Minute Exchange of Die), es un grupo de métodos que permiten la restricción de los tiempos de habilitación del equipo (Setup), con la seguridad que el setup pudiese ser realizado en menos de 10 minutos.

SMED: Es un agregado de técnicas perteneciente del Lean Manufacturing, que permiten reducir tiempos de máquina parada, siendo estos tiempos por cambio de formato o preparación setup. El objetivo de la metodología es identificar las operaciones internas (OI) y operaciones externas (OE), de esta manera los

indicadores se relacionan con el tiempo de cambio de producto (reducir) y la disponibilidad de la máquina y su eficiente rendimiento.

La función de la trefiladora bifilar es reducir el alambre de cobre o aluminio con una pureza de 99.99 % que es llevado por unas poleas guías hasta la entrada de la trefiladora donde es estirado en frío por unos dados o hileras que tiene una entrada en forma de un embudo para poder ejercer una tracción del 20% de reducción de su diámetro por dado y aumentando la longitud y mejorando sus características mecánicas del material de acuerdo al diámetro requerido, continuamente es sometido a un proceso en línea de recocido para devolverle las propiedades eléctricas y mecánicas que perdió en el proceso de trefilado mediante corriente eléctrica con un diferencial de potencial que produce el calentamiento del hilo en una cámara con atmósfera controlada de nitrógeno para desplazar el oxígeno y evitar la oxidación obteniendo un hilo de cobre sólido que va a conformar un cable eléctrico.

(RAJADELL, y otros, 2010) El tiempo de cambio es el tiempo que se demora en efectuar el cambio de elaboración de un producto A otro producto B (que cumpla las especificaciones de fabricación). Este tiempo se mide con un cronometro y obviamente el ahorro de tiempo representa una reducción del tiempo de cambio. (p.44).

Tiempo de cambio de producto o formato, es el tiempo que tarda el operador en la preparación setup de un producto "X" a otro producto "Y". Por ello se necesita precisar las O.I. y operaciones externas para posteriormente cambiar las operaciones internas en externas y reducir el periodo que tarda la preparación setup, para posteriormente conocer el periodo de paro por cambio de la máquina Trefiladora Bifilar.

#### Indicador de tiempo de cambio

Figura N°9 Formula del tiempo de cambio

$$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100 \%$$

Donde:  
TPC = Tiempo de paro por cambio

*Fuente: Rajadell M, & Sánchez L (2010)*

Disponibilidad de la máquina; Según (CRUELLES RUIZ, 2012 pág. 34), “Define disponibilidad de la máquina como el tiempo de funcionamiento de la máquina o equipo con relación al tiempo planificado en el que estuviese en funcionamiento”; por tanto, la disponibilidad de la máquina es dada específicamente del tiempo en que la máquina está trabajando sin desperfectos, daños, ni paros que desfavorezcan la productividad de la línea. Disponibilidad de la máquina, se entiende al tiempo en el que se encuentra en funcionamiento la máquina trefiladora bifilar con relación al tiempo planificado (tiempo planificado 4 horas) en que estuviese funcionando dicha máquina o equipo.

#### Indicador de Disponibilidad de máquina

Figura N°10 Formula de la disponibilidad de máquina

$$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$$

Donde:  
DM = Disponibilidad de máquina

*Fuente: Cruelles 2012*

#### Variable Dependiente

Esta variable dependiente se puede realizar las mediciones de acuerdo con los resultados de la variable independiente. (ARIAS, 2012)

Productividad; Según (GUTIÉRREZ PULIDO, 2010), “Es la consecuencia obtenida en desarrollar un sistema para aumentar la producción y obtener un buen efecto de los medios utilizados” (p.21).

Figura N°11 Formula de la Productividad

Formula de productividad

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{eficacia}$$

*Fuente: Gutiérrez P. 2009*

La productividad de la línea trefiladora bifilar se logrará al multiplicar la eficiencia por la eficacia empleando los indicadores para lograr mejores resultados al implementar la metodología SMED.

Eficiencia; (GUTIÉRREZ PULIDO, y otros, 2009), la eficiencia es “la descripción a consecuencia del rendimiento de los bienes usados. De un mejor desarrollo de medios y bajando plazos desaprovechados en paradas del equipo, falta de compuestos, retrasos, etc.” (p.7)

Se entiende como eficiencia en la línea de trefiladora bifilar, la optimización de los recursos al fabricar los productos y reducción de los tiempos muertos de la máquina.

Figura N°12 Formula de la Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = (\text{Tiempo real producido} / \text{Tiempo programado}) * 100\%$$

*Fuente: Gutiérrez P.*

Eficacia; (GUTIÉRREZ PULIDO, y otros, 2009), “la eficacia es el grado con el cual las acciones ideadas son ejecutadas y el rendimiento obtenido son logrados; se entiende maximizando resultados” (p.8).

Se entiende como productividad eficaz al rango en el que las actividades son efectuadas y los resultados son logrados en la línea de trefiladora bifilar.

Figura N°13 Formula de la Eficacia

$$\text{Eficacia} = (\text{Cantidad real producida} / \text{Cantidad real programada}) * 100\%$$

*Fuente: Gutiérrez P.*

### Escala de Medición Razón

Según (HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2010 pág. 168), Este nivel de escala de razón y los otros 3 niveles de medición, son principalmente un método de recolección de datos cuantitativos. Escala razón tiene todas las características de nivel intervalo, donde el cero es real y es absoluto (no arbitrario) indicando que hay un punto de rango ausente o no existente en la posesión de medición. Lo que significa realizar todas clases de técnicas de análisis estadístico a los datos de razón.

### 3.3 Población muestra y muestreo, unidad de análisis.

(HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2010), Son fundamentos representativos para un análisis de estudio limitado por inconvenientes y metas de instrucción.



La población de estudio será el total de los datos cuantitativos obtenidos de la producción de cables en kilos de la trefiladora bifilar.

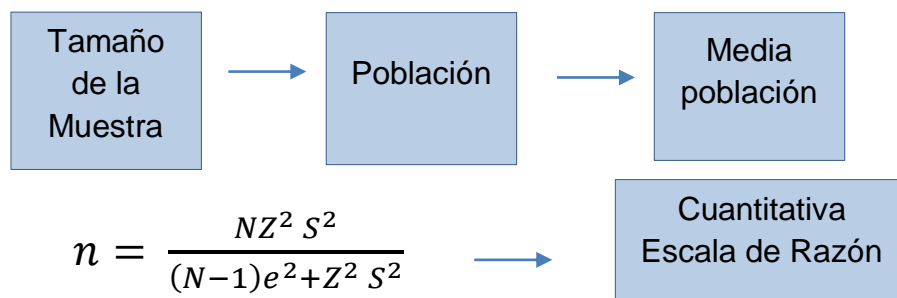
Se considera los siguientes puntos de elección, para la inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión: la población incluye los días laborables de producción de metros de cables, siendo en 3 turnos; de 7:00 am a 3:00 pm, 3:00pm a 11:00 pm; 11:00pm a 7:00 am. De lunes a sábado.
- Criterios de exclusión: la población solo considera los días trabajados no comprende domingos ni feriados.

(HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2010 pág. 175). La muestra es un recurso o subconjunto de la población. Mencionamos que es un rango de fundamentos que corresponden a un grupo descrito en carácter específico al que llamamos muestra. A efectos de la muestra para el análisis pre test se consideran los datos obtenidos en los meses julio, agosto y setiembre del 2019, últimos 3 meses ocurridos. Se han obtenido 80 datos de los 3 turnos de 8 horas de trabajo de los días laborables y para post test se considerará los datos obtenidos en un periodo similar.

Según (VALDERRAMA, 2013 pág. 184), Formula estadística para el cálculo de la muestra.

Figura N°14 Formula de la Muestra



*Fuente: Adaptación del libro (VALDERRAMA, 2013 pág. 184)*

Figura N°15 Descripción de la fórmula de la muestra

Donde:  
n = Tamaño de muestra.  
N = Población  
Z² = Nivel de confianza o margen de confiabilidad (95%, es decir Z = 1,96).  
S = Varianza  
e = Error de estimación máximo aceptado

*Fuente: Adaptación del libro (VALDERRAMA, 2013 pág. 184)*

En la actual labor de investigación, la muestra está conformada por 80 datos obtenidos, mediante la siguiente formula:

Figura N°16 Formula de muestra

$$n = \frac{NZ^2 S^2}{(N - 1)e^2 + Z^2 S^2}$$

Figura N°17 Formula Desviación

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

*Fuente: Adaptación del libro (VALDERRAMA, 2013 pág. 184)*

$$n = \frac{80 * (1.96)^2(2.905)^2}{(80 - 1)(0.03)^2 + (1.96)^2(2.905)^2} = 79.9$$

El muestreo para nuestro estudio en la línea trefiladora bifilar será sobre el 100% sobre los datos obtenidos.

### 3.4 Técnicas e Instrumento de recolección de datos

(TAMAYO, 2003 pág. 182) Asegura que los métodos de obtención de información “es el termino útil del diseño de investigación, en determinación de cómo se realizara la investigación”. Con relación a los indicadores de estudio se establecen en técnicas y herramientas que vamos a utilizar para obtener nuestros datos.

El presente estudio se ejecutó un análisis documental del pre test para extraer información cuantitativa del SAP (Sistema de aplicaciones y productos).

Así como las cantidades producidas serán obtenidos del sistema SAP, siendo nuestra dimensión Independiente SMED y sus indicadores Tiempo de cambio de formato y Disponibilidad de máquina. La dimensión dependiente productividad y sus indicadores eficiencia y eficacia.

Instrumento de recolección de datos; (VALDERRAMA, y otros, 2015 pág. 195), define las herramientas son recursos para guardar la comunicación”.

En la presente investigación se aplicaron estos instrumentos para percibir el tiempo transcurrido mediante la realización de una determinada actividad, se utilizó los reportes que salen del SAP.

Validez y la confiabilidad del Instrumento; (HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2010 pág. 277), la validez es “Grado en el que un instrumento produce resultado consistente”, y la confiabilidad “se refiere al grado en que un instrumento verdaderamente mide la variable que se pretende calcular”. Las valideces de los instrumentos fueron sometidos a juicio de expertos, se tomó en cuenta la participación de 3 docentes de la escuela Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo- Lima.

Tabla N°4. Juicio de expertos del instrumento de validación

EXPERTOS		INDICADORES						OPINIÓN	
		Perninente*		Relevancia*		Claridad*		APLICABLE	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	Dr. Mg: Rodríguez Alegre, Lino	(X)		(X)		(X)		(X)	
2	Dr. Mg: Malpartida Gutiérrez, Jorge Nelson	(X)		(X)		(X)		(X)	
3	Mg: Molina Vilchez Jaime Emilio	(X)		(X)		(X)		(X)	
Resultado		SI		SI		SI		SI	

*Fuente: Elaboración propia*

Validez de contenido:

En la presente investigación, validez del contenido va en función a la información obtenida del SAP, y esta información ha sido previamente analizada para eliminar los productos.

La confiabilidad de la información se sustenta del SAP (Sistema de aplicaciones y productos), este sistema es el mismo que en la actualidad está en proceso de certificación ISO 27001: 2013, Los datos del proyecto fueron confiables por que la empresa nos proporcionará información confidencial, para el procesamiento y análisis de los mismo ya establecidos en la máquina trefiladora. Continuamente se tiene revisiones y auditorías internas lo cual asegura la confiabilidad de la información contenida en este sistema.

### 3.5 Procedimientos

#### 3.5.1. Reseña Histórico

En 1952, se fundó la empresa de cables eléctricos para la construcción en el Perú, en el año 2007 la empresa de cables migró su sistema informático de productos (SAP), Más de 60 años en el mercado ofreciendo su extensa gama de productos como los cables TW-THW en calibres 14 AWG, GPT 18 AWG, ALAMBRES ESMALTADOS 200°C, CABLE FREETOX NH-80, FREETOX N2XOH, COBRE DESNUDO, CABLE N2XSEY, CABLE NYY, NA2XSY, CABLE CONCÉNTRICOS, CABLE NLT-MNT-NPT Y WS, están presentes en la infraestructura pública, de electricidad y telecomunicaciones, en construcción civil y en el sector minero y para la industria.

##### - Visión

La empresa tiene como visión ser reconocidos a nivel mundial, como los mejores y más confiables fabricantes en el Perú de Conductores Eléctricos y de telecomunicaciones, y ser reconocidos en el Perú, como una empresa modelo de organización atractiva como centro laboral donde su personal se sienta realizado.

##### - Misión

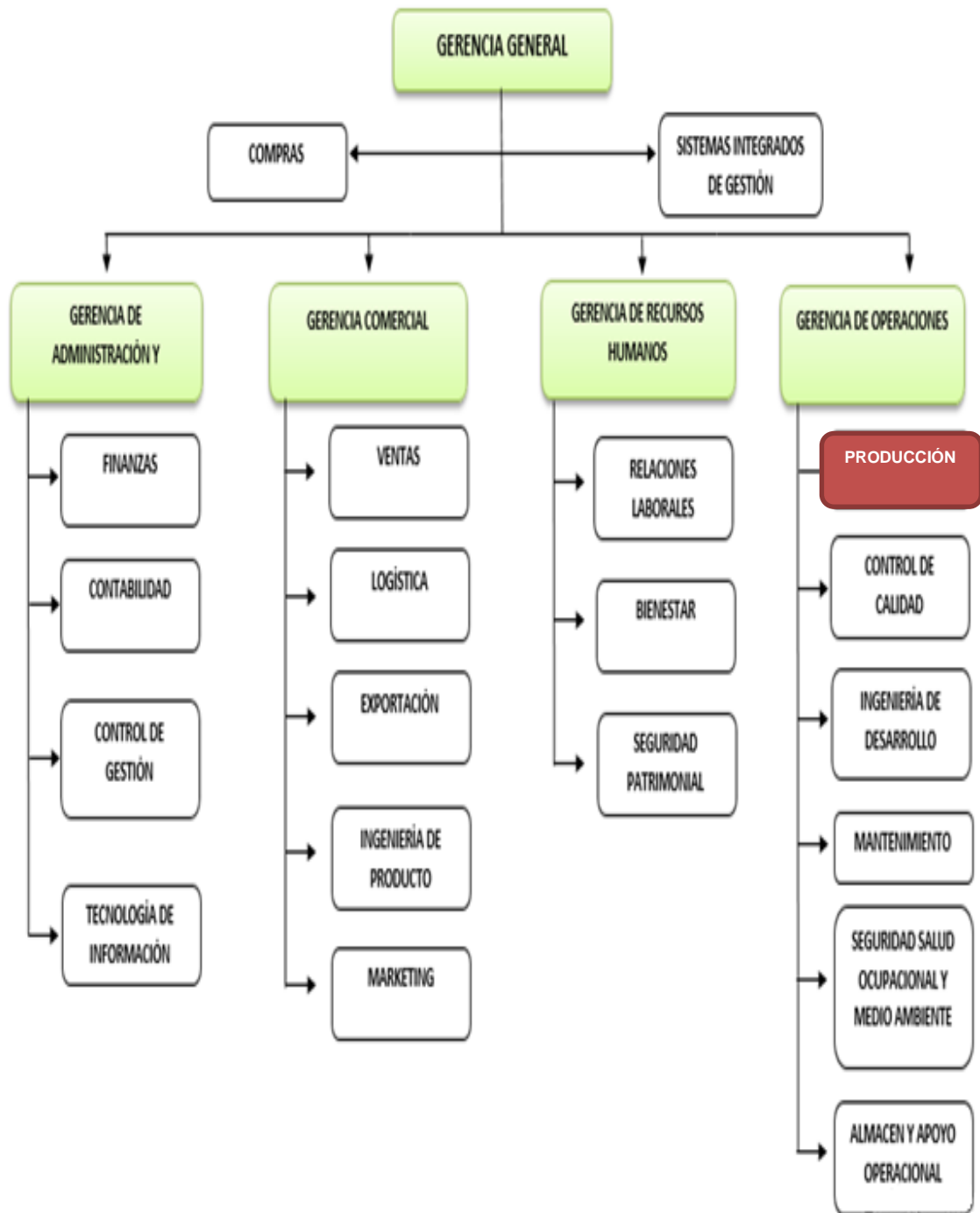
La misión es contribuir al desarrollo del Perú suministrando productos, soporte técnico y servicios, para la conducción de energía eléctrica y de telecomunicaciones, satisfaciendo en forma equilibrada los intereses de los clientes, accionistas, proveedores y colaboradores de la empresa.

##### - Valores

- ☐ Excelencia en todos los aspectos de la compañía.
- ☐ Honestidad en todos los ámbitos de la empresa.
- ☐ Respeto a los ideales de las personas.
- ☐ Trato cordial y empático con los clientes.

##### - Organigrama de la Empresa Fabricación de Cables

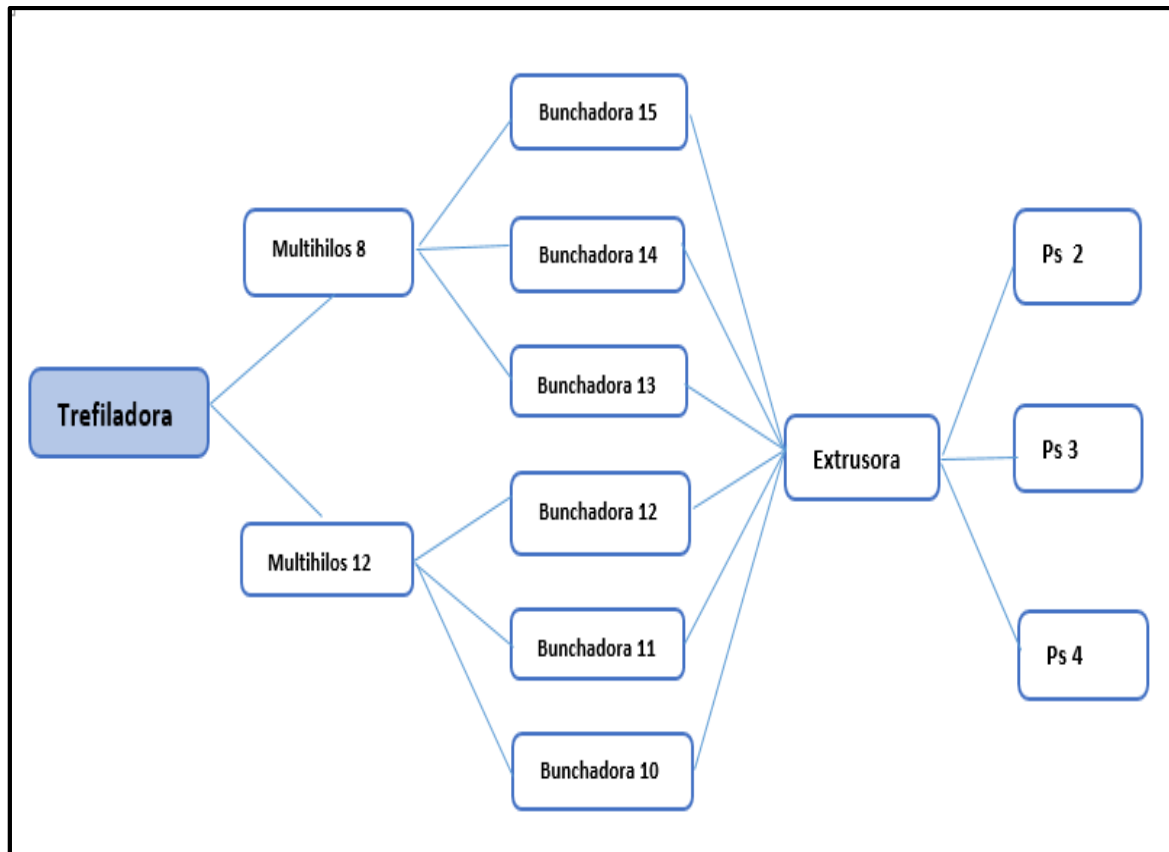
Figura N°18 Organigrama Funcional



En la figura N°18 En el organigrama funcional de la empresa de cables, podemos visualizar el área de producción donde realizamos el estudio en la línea de trefilado, donde se aplicó la herramienta de mejora SMED.

- Materia prima

Figura N°19 Diagrama de Operación de Procesos. (D.O.P)



En la figura N°19 se visualiza el diagrama de operación de proceso de la materia prima principal para la fabricación de conductores eléctricos es el alambcón de cobre que es recepcionado a través de grandes rollos tipo jumbos de un peso aproximado 4 toneladas.

Algunos de los productos que se fabrican se muestran en el detalle adjunto.

Tabla N°4. Productos de Cables

Producto	Usos	Imagen
<b>TW-THW en calibres 14 AWG</b>	Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.	
<b>GPT 18 AWG</b>	Conductor de cobre flexible de dimensiones reducidas para cableado en el interior de tableros donde hay poco espacio. Esto se logra por la calidad del aislamiento de PVC, cuya temperatura de operación es de 75°C y por sus excelentes propiedades eléctricas a que son sometidos.	
<b>CABLE FREETOX NH-80</b>	Se instala en lugares como edificios, plantas industriales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc, este cable no genera gases tóxicos en un posible incendio.	
<b>NA2XSY</b>	Aplicación como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones y en instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.	
<b>CABLE NLT-MNT-NPT Y WS</b>	En aparatos o equipos sujetos a desplazamientos, arrollamientos o vibraciones y para todo tipo de instalaciones móviles; también se puede usar en embarcaciones navales.	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N°5. Principales Clientes

ENERGIA	
	
Compañía Americana de Multiservicios del Perú S.R.L. - CAMPERU	Electro Sur Este S.A.A.
	
Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A - EDELNOR	Tecsur S.A
TELECOMUNICACIONES	
	
Americatel Perú S.A.	Telefónica del Perú S.A.A. – TELEFONICA
MINERIA	
	
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. -	Volcan compañía Minera S.A.A.
INDUSTRIAL	
	
Alicorp S.A.A	Cerámica Lima S.A.

Fuente: Elaboración propia



### 3.5.2. Situación actual

Como se mencionó en la etapa previa la situación actual de la empresa se enfoca en el área que se encuentra la máquina trefiladora bifilar, donde se observa áreas de mejora en los tiempos en los cambios de formato (Setup) y una productividad del 63%, Con lo que se demostró en la parte de la introducción que el SMED es la herramienta más adecuada poder mejorar los tiempos de cambio de formato y poder obtener una mejor eficacia y disponibilidad de la máquina trefiladora.

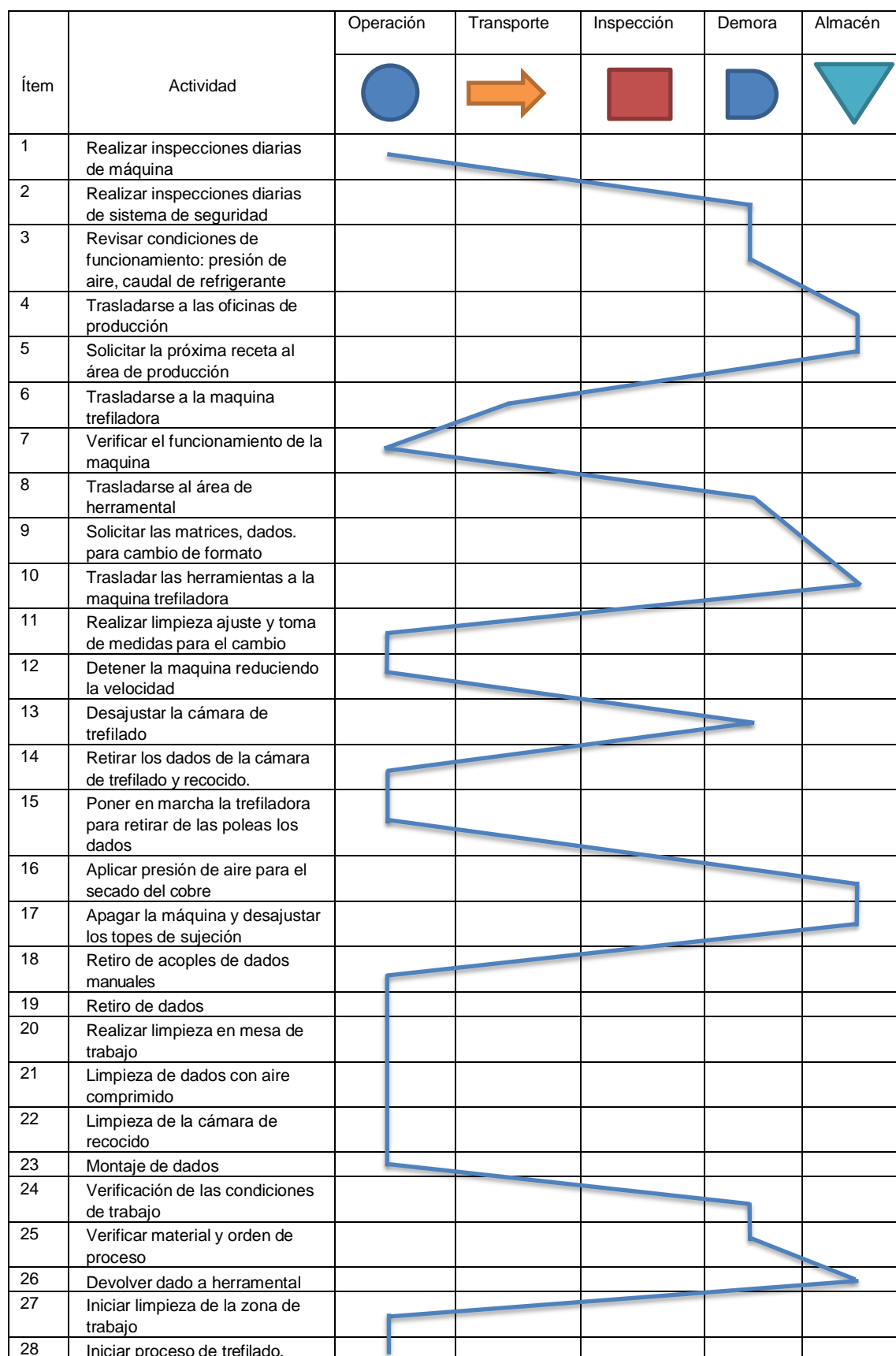
El procedimiento que se analizó para la recolección de datos en el presente estudio de investigación fue un análisis de la producción en la línea Trefiladora bifilar con datos pre test y pos test. El SMED como variable independiente se estudió con dimensiones tiempo de cambio de operación y la disponibilidad de máquina, para evaluar las operaciones internas (OI) y las operaciones externas (OE), para posteriormente después de ser identificada y evaluada se realizó la conversión de operaciones internas a externas teniendo como resultado la reducción de tiempo de cambio de operación obteniendo con ello una mejora en la disponibilidad de máquina, que se obtuvieron en 3 turnos de 8 horas de trabajo de los días laborables. Luego se realizó una nueva medición y análisis estadístico inferencial para poder comprobar la hipótesis del proyecto. La variable dependiente en estudio es la productividad y sus dimensiones eficiencia y eficacia. (GUTIÉRREZ PULIDO, y otros, 2009 pág. 230), Indica que “el análisis inferencial tiene como finalidad implantar las propiedades de una población o proceso con base en la investigación de una muestra. En general, La inferencia se fracciona en consideración y prueba de hipótesis”. Luego se realizó la discusión con los documentos anotados (artículos científicos de investigación) en el marco teórico, para culminar con las conclusiones y recomendaciones.

Tabla N°7 Actividades de preparación de máquina

Ítem	Actividad
1	Realizar inspecciones diarias de máquina
2	Realizar inspecciones diarias de sistema de seguridad
3	Revisar condiciones de funcionamiento: presión de aire, caudal de refrigerante
4	Trasladarse a las oficinas de producción
5	Solicitar la próxima receta al área de producción
6	Trasladarse a la maquina trefiladora
7	Verificar el funcionamiento de la maquina
8	Trasladarse al área de herramental
9	Solicitar las matrices, dados. para cambio de formato
10	Trasladar las herramientas a la maquina trefiladora
11	Realizar limpieza ajuste y toma de medidas para el cambio
12	Detener la maquina reduciendo la velocidad
13	Desajustar la cámara de trefilado
14	Retirar los dados de la cámara de trefilado y recocido.
15	Poner en marcha la trefiladora para retirar de las poleas los dados
16	Aplicar presión de aire para el secado del cobre
17	Apagar la máquina y desajustar los topes de sujeción
18	Retiro de acoples de dados manuales
19	Retiro de dados
20	Realizar limpieza en mesa de trabajo
21	Limpieza de dados con aire comprimido
22	Limpieza de la cámara de recocido
23	Montaje de dados
24	Verificación de las condiciones de trabajo
25	Verificar material y orden de proceso
26	Devolver dado a herramental
27	Iniciar limpieza de la zona de trabajo
28	Iniciar proceso de trefilado.

Fuente: *Elaboración propia*

Figura N°20 Diagrama de Actividad del proceso



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°8 Operaciones externas y Operaciones internas

N.	Actividad	Operaciones	
		Externas	Internas
1	Realizar inspecciones diarias de máquina		X
2	Realizar inspecciones diarias de sistema de seguridad		X
3	Revisar condiciones de funcionamiento: presión de aire, caudal de refrigerante		X
4	Trasladarse a las oficinas de producción		X
5	Solicitar la próxima receta al área de producción		X
6	Trasladarse a la maquina trefiladora		X
7	Verificar el funcionamiento de la maquina	X	
8	Trasladarse al área de herramental		X
9	Solicitar las matrices, dados. para cambio de formato		X
10	Trasladar las herramientas a la maquina trefiladora		X
11	Realizar limpieza ajuste y toma de medidas para el cambio		X
12	Detener la maquina reduciendo la velocidad	X	
13	Desajustar la cámara de trefilado		X
14	Retirar los dados de la cámara de trefilado y recocido.		X
15	Poner en marcha la trefiladora para retirar de las poleas los dados	X	
16	Aplicar presión de aire para el secado del cobre		X
17	Apagar la máquina y desajustar los topes de sujeción	X	
18	Retiro de acoples de dados manuales		X
19	Retiro de dados		X
20	Realizar limpieza en mesa de trabajo	X	
21	Limpieza de dados con aire comprimido		X
22	Limpieza de la cámara de recocido		X
23	Montaje de dados		X
24	Verificación de las condiciones de trabajo		X
25	Verificar material y orden de proceso		X
26	Devolver dado a herramental		X
27	Iniciar limpieza de la zona de trabajo		X
28	Iniciar proceso de trefilado.	X	

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N°9 Actividades de Tiempo de preparación

N.	Actividades	Tiempo/minutos
1	Realizar inspecciones diarias de máquina	00:06:00
2	Realizar inspecciones diarias de sistema de seguridad	00:05:00
3	Revisar condiciones de funcionamiento: presión de aire, caudal de refrigerante	00:03:50
4	Trasladarse a las oficinas de producción	00:03:20
5	Solicitar la próxima receta al área de producción	00:10:10
6	Trasladarse a la maquina trefiladora	00:05:30
7	Verificar el funcionamiento de la maquina	00:10:00
8	Trasladarse al área de herramental	00:11:00
9	Solicitar las matrices, dados. para cambio de formato	00:04:00
10	Trasladar las herramientas a la maquina trefiladora	00:04:00
11	Realizar limpieza ajuste y toma de medidas para el cambio	00:08:00
12	Detener la maquina reduciendo la velocidad	00:05:00
13	Desajustar la cámara de trefilado	00:04:45
14	Retirar los dados de la cámara de trefilado y recocido.	00:08:00
15	Poner en marcha la trefiladora para retirar de las poleas los dados	00:02:40
16	Aplicar presión de aire para el secado del cobre	00:06:00
17	Apagar la máquina y desajustar los topes de sujeción	00:03:00
18	Retiro de acoples de dados manuales	00:04:00
19	Retiro de dados	00:25:00
20	Realizar limpieza en mesa de trabajo	00:05:00
21	Limpieza de dados con aire comprimido	00:04:00
22	Limpieza de la cámara de recocido	00:08:00
23	Montaje de dados	00:05:10
24	Verificación de las condiciones de trabajo	00:10:00
25	Verificar material y orden de proceso	00:07:00
26	Devolver dado a herramental	00:10:00
27	Iniciar limpieza de la zona de trabajo	00:15:00
28	Iniciar proceso de trefilado.	00:18:00
Total		3:31:25

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3. Productividad PRE TEST

Tabla N°10 Productividad Pre Test (Julio – Agosto – Setiembre 2019)

Mes	Semana	Tiempo Real (Horas)	Tiempo Programado (Horas)	EFICIENCIA	Cantidad Programada (Kilos)	Cantidad Producida (Kilos)	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
Julio	27	108:55:00	138:15:00	79%	357,746.24	293,600.48	82%	65%
	28	52:59:00	68:56:00	77%	183,139.87	146,851.85	80%	62%
	29	84:59:00	110:53:00	77%	279,092.88	223,801.25	80%	61%
	30	35:59:00	46:58:00	77%	117,130.93	96,308.32	82%	63%
	31	75:57:00	98:51:00	77%	266,764.32	215,332.98	81%	62%
Agosto	32	77:07:00	96:58:00	80%	265,356.34	211,390.00	80%	63%
	33	39:57:00	49:58:00	80%	151,763.92	121,612.43	80%	64%
	34	84:57:00	109:57:00	77%	288,806.28	238,636.66	83%	64%
	35	43:58:00	54:57:00	80%	156,437.81	128,620.50	82%	66%
	36	78:43:00	100:55:00	78%	298,521.91	241,119.16	81%	63%
Setiembre	37	81:56:00	103:57:00	79%	279,379.76	226,064.17	81%	64%
	38	58:58:00	75:58:00	78%	230,665.42	186,083.38	81%	63%
	39	28:59:00	37:58:00	76%	111,044.73	91,325.81	82%	63%
	40	46:58:00	60:58:00	77%	139,349.03	113,362.27	81%	63%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>900:22:00</b>	<b>1155:29:00</b>	<b>78%</b>	<b>3125199.42</b>	<b>2534109.27</b>	<b>81%</b>	<b>63%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la Tabla N°10 se muestra los datos pre test de la producción en el periodo Julio – agosto – setiembre 2019, segmentadas los 80 datos en 14 semanas; siendo el promedio de la productividad 63%.

## Dimensiones Variable dependiente: Eficiencia

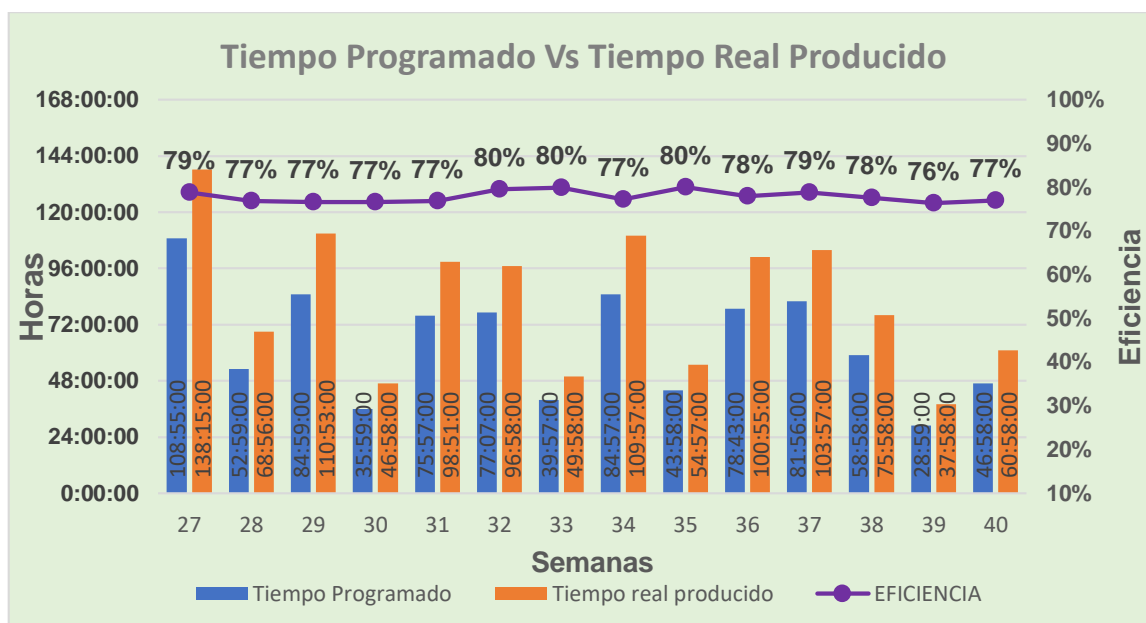
Tabla N°11 Eficiencia Pre - test (Julio - Agosto – Setiembre 2019)

Mes	Semana	Tiempo Real (Horas)	Tiempo Programado (Horas)	EFICIENCIA
Julio	27	108:55:00	138:15:00	79%
	28	52:59:00	68:56:00	77%
	29	84:59:00	110:53:00	77%
	30	35:59:00	46:58:00	77%
	31	75:57:00	98:51:00	77%
Agosto	32	77:07:00	96:58:00	80%
	33	39:57:00	49:58:00	80%
	34	84:57:00	109:57:00	77%
	35	43:58:00	54:57:00	80%
	36	78:43:00	100:55:00	78%
Setiembre	37	81:56:00	103:57:00	79%
	38	58:58:00	75:58:00	78%
	39	28:59:00	37:58:00	76%
	40	46:58:00	60:58:00	77%
PROMEDIO		900:22:00	1155:29:00	78%

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°11, Se muestra la eficiencia del proceso de producción para el periodo de julio, agosto y setiembre 2019, Visualizando una eficiencia promedio de 78%.

Gráfico N°3 Barras de le eficiencia pre test



Fuente: Elaboración propia

## Dimensiones Variable dependiente: Eficacia

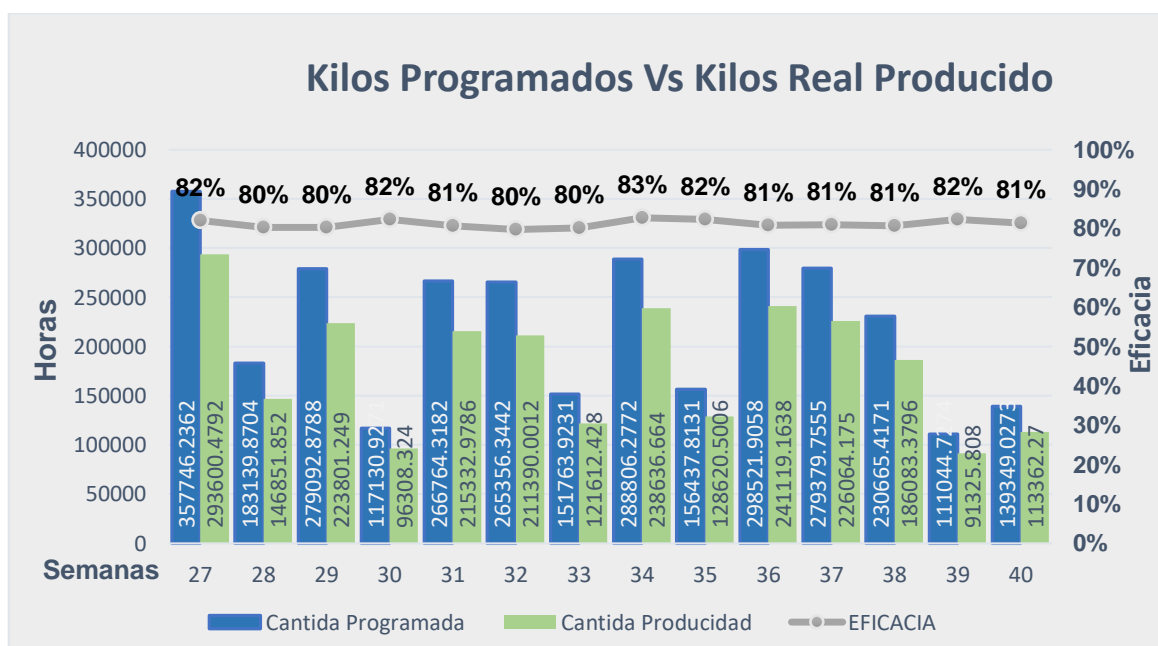
Tabla N°12 Eficacia Pre - test (Julio - Setiembre 2019)

Mes	Semana	Cantidad Programada (Kilos)	Cantidad Producida (Kilos)	EFICACIA
Julio	27	357,746.24	293,600.48	82%
	28	183,139.87	146,851.85	80%
	29	279,092.88	223,801.25	80%
	30	117,130.93	96,308.32	82%
	31	266,764.32	215,332.98	81%
Agosto	32	265,356.34	211,390.00	80%
	33	151,763.92	121,612.43	80%
	34	288,806.28	238,636.66	83%
	35	156,437.81	128,620.50	82%
	36	298,521.91	241,119.16	81%
Setiembre	37	279,379.76	226,064.17	81%
	38	230,665.42	186,083.38	81%
	39	111,044.73	91,325.81	82%
	40	139,349.03	113,362.27	81%
	PROMEDIO	3,125,199.42	2,534,109.27	81%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°12, Se muestra la eficacia del proceso de producción en kilos producidos, en el periodo julio, agosto y setiembre 2019, siendo la eficacia promedio de 81%.

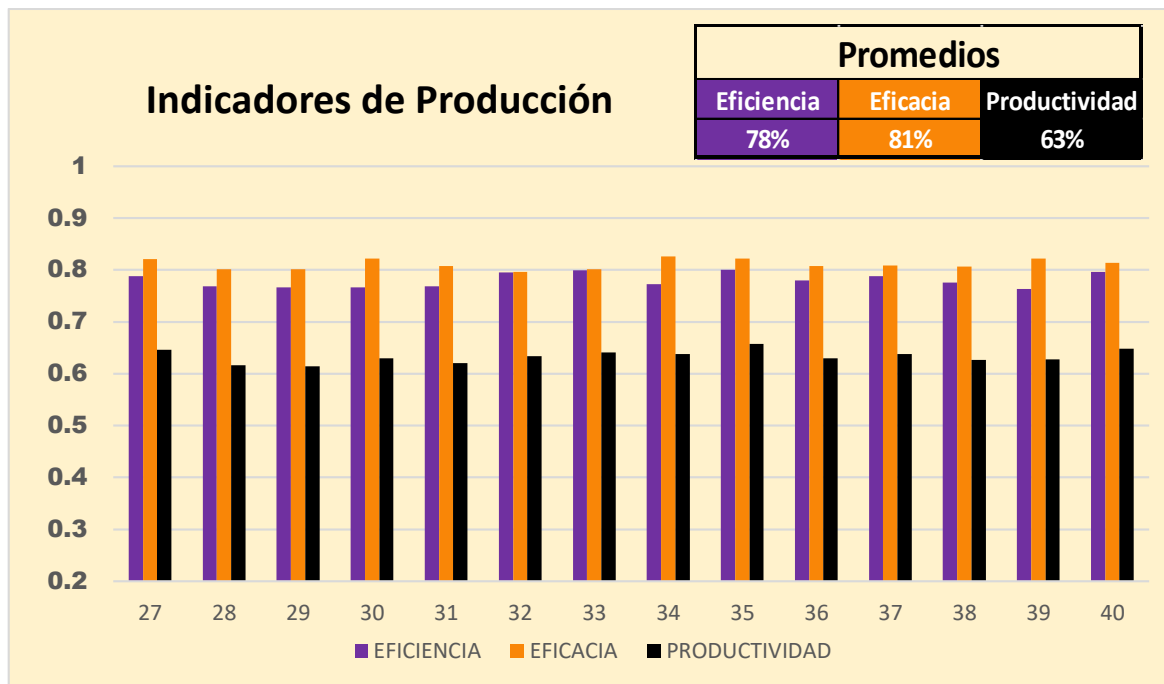
Gráfico N°4 Barras de la eficacia



Fuente: Elaboración propia



Gráfico N°5 Barras de los indicadores de Producción



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de barras se visualiza el porcentaje de los indicadores en estudio. Siendo eficiencia 78%, eficacia 81% y productividad 63%.

Tiempo de paro por cambio - Disponibilidad Pre Test (Julio – Agosto – Setiembre 2019)

Tabla N°13 TPC – Disponibilidad de máquina

Mes	Semana	Tiempo Disponible (Horas)	Tiempo consumido por cambio (Horas)	TPC	Tiempo Operativo (Horas)	Tiempo real disponible (Horas)	Disponibilidad Máquina
Julio	27	26:15:00	25:27:12	97%	138:15:00	110:01:12	80%
	28	20:15:00	19:38:30	97%	68:56:00	55:06:06	80%
	29	24:00:00	22:53:57	95%	110:53:00	85:58:57	78%
	30	10:30:00	10:03:15	96%	46:58:00	36:22:15	77%
	31	21:45:00	21:21:33	98%	98:51:00	76:33:33	77%
Agosto	32	22:30:00	21:55:42	97%	96:58:00	78:13:42	81%
	33	12:00:00	11:44:00	98%	49:58:00	40:31:00	81%
	34	18:50:00	18:01:36	96%	109:57:00	85:42:36	78%
	35	14:45:00	14:03:00	95%	54:57:00	44:45:00	81%
	36	30:10:00	29:18:42	97%	100:55:00	79:12:42	78%
Setiembre	37	19:25:00	20:17:00	104%	103:57:00	82:36:00	79%
	38	17:35:00	18:02:48	103%	75:58:00	59:26:48	78%
	39	14:25:00	15:07:24	105%	37:58:00	29:29:24	78%
	40	10:50:00	12:05:33	112%	60:58:00	49:48:33	82%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>263:15:00</b>	<b>260:00:12</b>	<b>99%</b>	<b>1155:29:00</b>	<b>913:47:48</b>	<b>79%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°13, Se visualiza los datos pre test de las dimensiones de la variable Independiente SMED, que son tiempo cambio de formato y disponibilidad de máquina, en el periodo julio, agosto y setiembre 2019; segmentadas los 80 datos en 40 semanas.

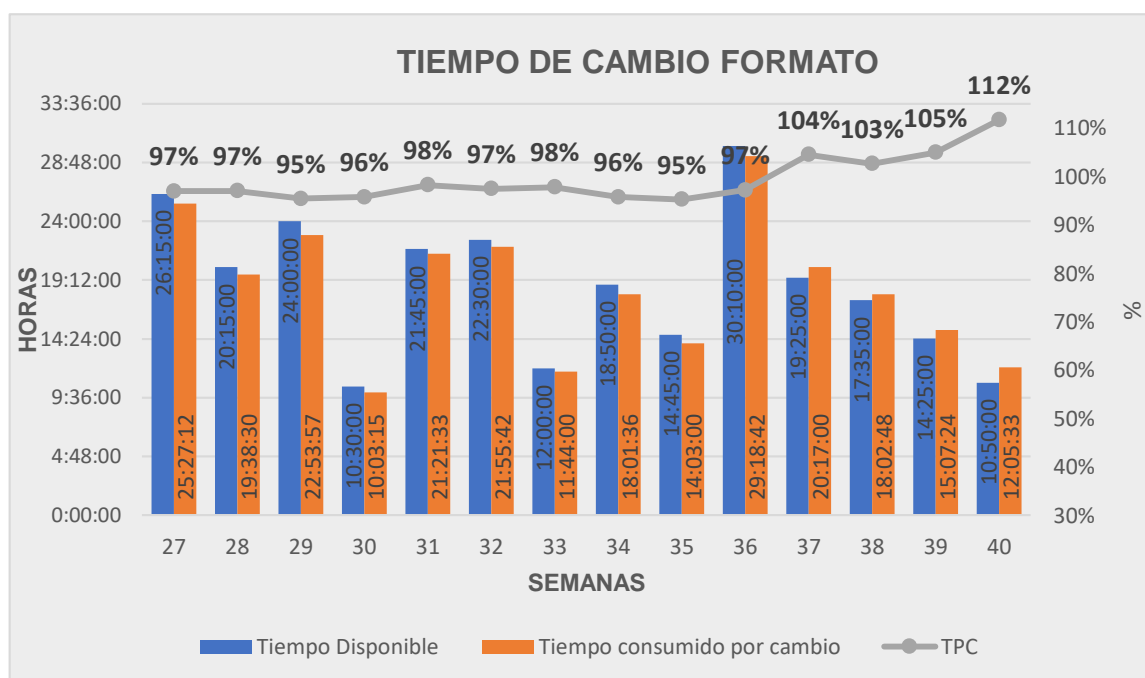
Tabla N°14 Tiempo de parada de cambio Pre test

Semana	Tiempo Disponible (Horas)	Tiempo consumido por cambio (Horas)	TPC
27	26:15:00	25:27:12	97%
28	20:15:00	19:38:30	97%
29	24:00:00	22:53:57	95%
30	10:30:00	10:03:15	96%
31	21:45:00	21:21:33	98%
32	22:30:00	21:55:42	97%
33	12:00:00	11:44:00	98%
34	18:50:00	18:01:36	96%
35	14:45:00	14:03:00	95%
36	30:10:00	29:18:42	97%
37	19:25:00	20:17:00	104%
38	17:35:00	18:02:48	103%
39	14:25:00	15:07:24	105%
40	10:50:00	12:05:33	112%
PROMEDIO	263:15:00	260:00:12	99%

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla N°14 se visualiza el porcentaje promedio del tiempo de cambio de formato siendo un 99%, considerando el tiempo disponible promedio de 263:15:00, el tiempo consumido por cambio de 260:00:12 horas.

Gráfico N°6 Gráfico de Barras del Tiempo de parada de cambio



*Fuente: Elaboración propia*

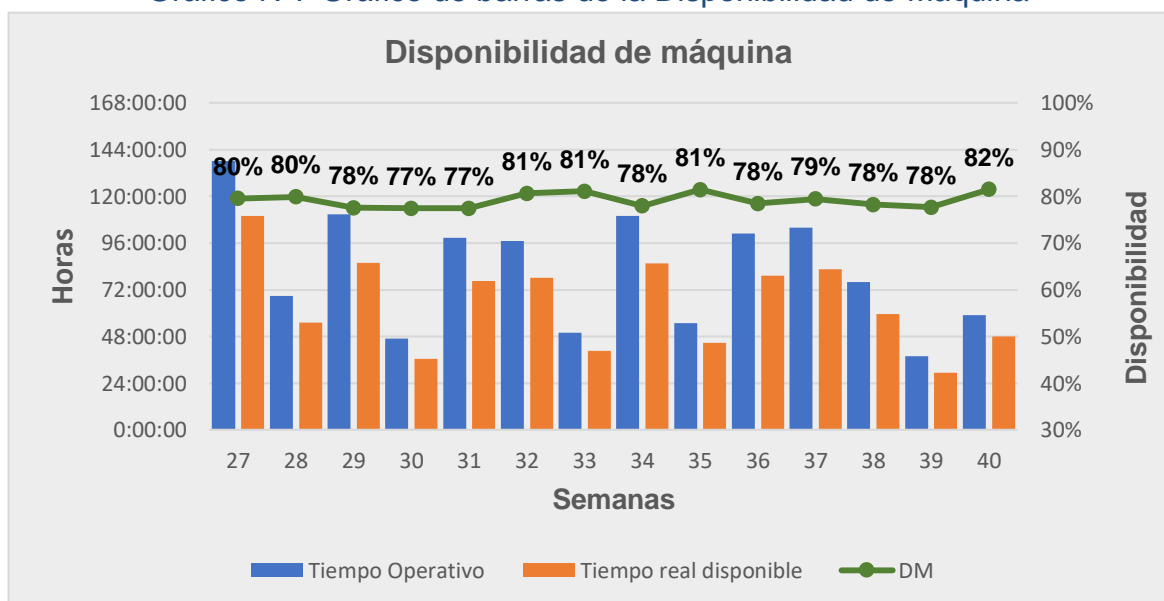
Tabla N°15 Disponibilidad de máquina Pre test

Mes	Semana	Tiempo Operativo (Horas)	Tiempo real disponible (Horas)	Disponibilidad Máquina
Julio	27	138:15:00	110:01:12	80%
	28	68:56:00	55:06:06	80%
	29	110:53:00	85:58:57	78%
	30	46:58:00	36:22:15	77%
	31	98:51:00	76:33:33	77%
Agosto	32	96:58:00	78:13:42	81%
	33	49:58:00	40:31:00	81%
	34	109:57:00	85:42:36	78%
	35	54:57:00	44:45:00	81%
	36	100:55:00	79:12:42	78%
Setiembre	37	103:57:00	82:36:00	79%
	38	75:58:00	59:26:48	78%
	39	37:58:00	29:29:24	78%
	40	60:58:00	49:48:33	82%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>1155:29:00</b>	<b>913:47:48</b>	<b>79%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°15 se visualiza la dimensión disponibilidad de máquina con un promedio de 79%, considerando tiempo para mantenimiento correctivo, tiempo operativo y tiempo real disponible.

Gráfico N°7 Gráfico de barras de la Disponibilidad de Máquina



Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.4. Desarrollo de la mejora

##### Plan de propuesta con la metodología SMED

Al implementar la metodología SMED se explicó una serie de etapas las cuales se desarrollan a continuación:

- ✓ La situación del proceso de trefilado en la empresa, se encontró un alto índice del tiempo de cambio de formato.
- ✓ El proceso de preparación de cambio de formato es el punto vital para mejorar la producción, por ello con la herramienta SMED se analizó los datos del pre test, Se implementó la metodología SMED para reducir los tiempos de cambio de formato e incrementar la disponibilidad de máquina que se verá reflejado en los datos post.
- ✓ Del sistema de aplicaciones y productos (SAP) se tomó el tiempo estándar del periodo de preparación en la máquina trefiladora, para analizar el promedio de cuantos tiempos de cambios por día realiza la máquina trefilar bifilar.

Luego de haberse identificado y levantado la información de las causas que generan el problema y se plasmaron en el diagrama de Ishikawa (figura 2 pag.5), se analizó las alternativas de solución (Tabla 5). Se determinó que la metodología SMED es la alternativa más adecuada a ser implementada para incrementar la productividad en la línea Trefiladora Bifilar (proceso de estiramiento de cobre) de la empresa fabricación de cables.

Se empleó la metodología de Shingo Shingeo, En su libro: "A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint" que establece 4 pasos para su implementación. (SHINGO, 1985).

Los pasos que propone Shingeo Shingo son:

Etapas conceptuales La implantación del proyecto SMED consta de cuatro etapas.

1.-Etapa preliminar: Estudio de la operación de cambio

Implica identificar el área de trefilado donde se pretende hacer la mejora, esto es la línea trefiladora en fabricación de cables. Mediante una reunión con la gerencia de la empresa se comentó de los problemas en el área de producción proponiéndose como propuesta la metodología SMED, tomando como referencia los 4 pasos de

Shingo Shingo. (A Revolution in Manufacturing: The Smed System. Productivity Press, 1989).

Figura N°21 Fotos de la línea Trefiladora bifilar



*Fuente: Elaboración propia*

Figura N°22 Fotos de la línea Trefiladora bifilar – Utillaje Dados



*Fuente: Elaboración propia*



Después de la reunión, se convocó al personal de la empresa y el supervisor del área de fabricación para anunciar la propuesta de mejora señalando su participación en este proceso.

Compromiso de la alta dirección.

El área donde se desarrolló este trabajo, fue en línea de trefilado para lo cual se solicitó el apoyo del jefe inmediato, para comprometer a todas las partes involucradas y crear conciencia de mejora, puesto que de esta manera el tiempo de preparación para ellos será más eficiente.

Lanzamiento oficial de la metodología SMED.

En esta fase es donde se hizo oficial ante todo el personal operativo el deseo de implementar la metodología por la alta dirección, se realizó una charla a todo el personal, explicando todo lo que contiene la metodología SMED se hizo hincapié que se necesita el compromiso respectivo de cada uno de ellos en el plano teórico. dentro de las tareas programadas para cada personal operativo es el ingreso correcto en el SAP por turno de los tiempos que se realiza el cambio de set up cabe indicar que con estos indicadores podremos llevar un control diario cuantas veces se realiza el cambio de formato.

Planificación de actividades.

Se realizó un cronograma Gantt donde se especificó la secuencia de actividades de la metodología a implementar, el control se realizó de forma semanal para tener un indicador exacto respecto a la toma de tiempos.

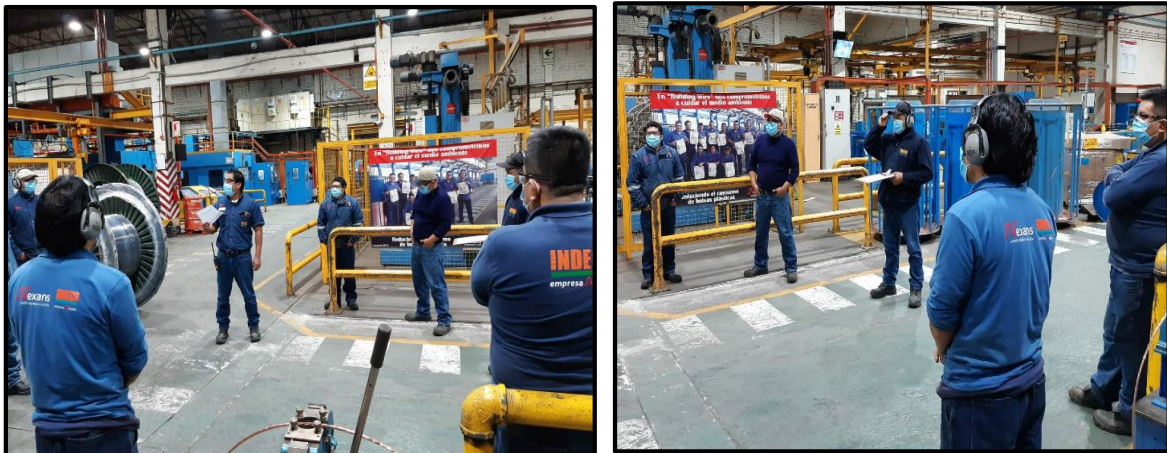
Capacitación del personal operativo respecto a la metodología SMED.

En el área de trefilado se realizó una charla de capacitación a todo el personal involucrado a su vez se les hizo conocer la problemática que tenemos y las posibles soluciones a mejorar que se manifestó exactamente en el tiempo que demora el cambio de formato para la realización de cambio de un producto a otro, también se explicó a cada uno de ellos como se desarrolla la implementación de la nueva metodología.

A continuación, se detallan evidencias gráficas de las capacitaciones.



Figura N°23 Evidencia de las capacitaciones



Fuente: Elaboración propia

## 2.-Primera etapa Separar tareas internas y externas

Objetivo Reducir los tiempos de preparación de máquina la técnica SMED sigue los siguientes pasos:

- Observar y comprender

El proceso de cambio de formato, discurre desde última pieza correcta del lote anterior, hasta la primera pieza correcta del lote siguiente. en este primer paso, se realiza la observación detallada del proceso con el fin de comprender cómo se lleva a cabo éste y conocer el tiempo invertido. En lo cual se evidencio en el reporte extraído del SAP.

Elaboración del documento de trabajo, donde se resumió de forma sencilla las actividades realizadas y los tiempos que comprenden.

- Identificar y Separar: Las operaciones internas y externas se entienden por operaciones internas aquéllas que se deben realizar con la máquina parada. las operaciones externas son las que pueden realizarse con la máquina en funcionamiento. inicialmente todas las operaciones se hallan mezcladas y se realizan como si fuesen internas, por eso es tan importante la fase de identificación y separación.

En este paso se recogió los datos de tiempo de cambios en la trefiladora bifilar en el proceso de fabricación de cables. Se elaboró un DAP que muestre el proceso de la línea. Se anotaré las actividades internas y externa desde el inicio hasta el fin del proceso de fabricación.

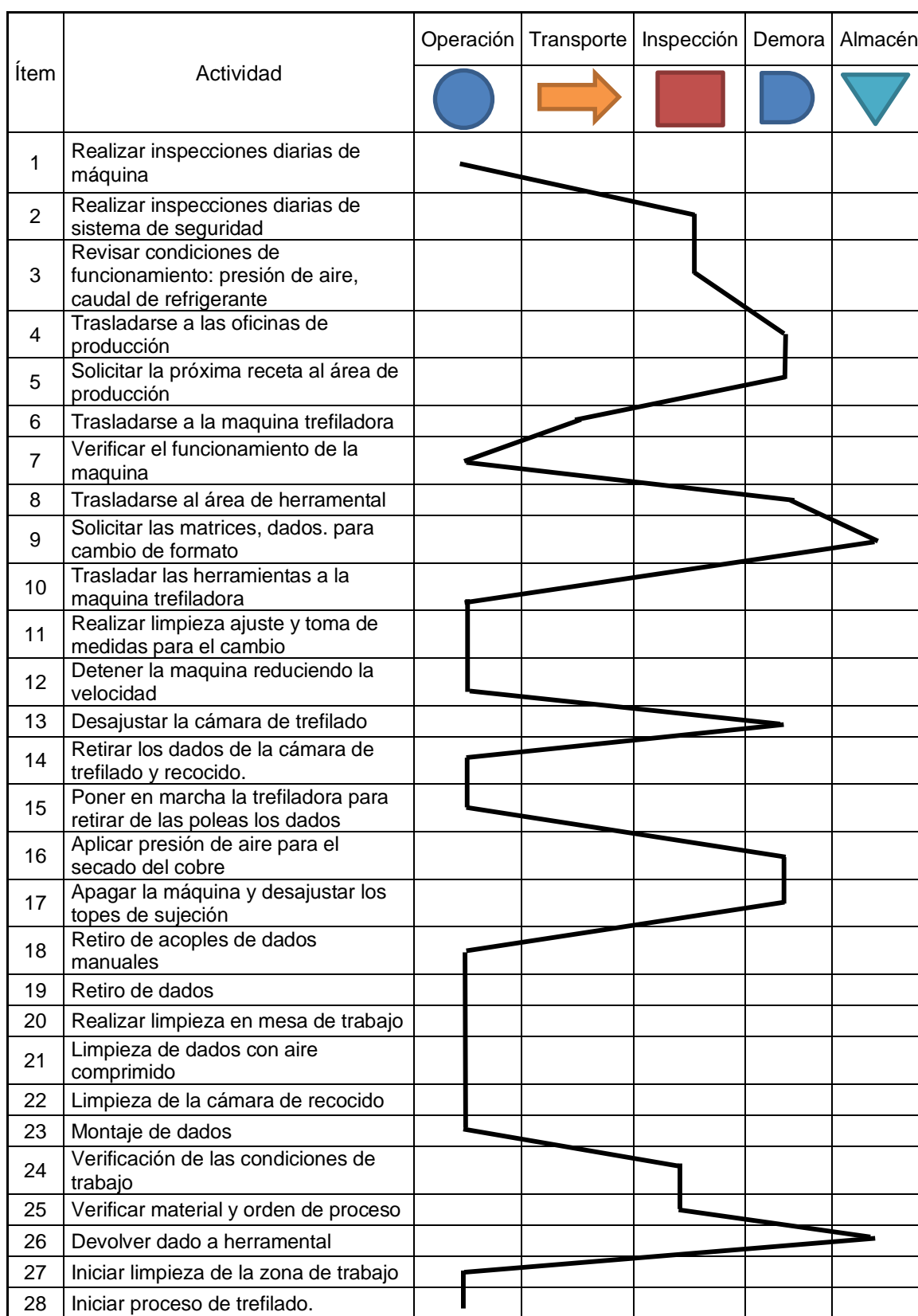


Tabla N°16 Tiempo de actividad en la línea trefiladora

N.	Actividades	Tiempo/minutos
1	Realizar inspecciones diarias de máquina	00:06:00
2	Realizar inspecciones diarias de sistema de seguridad	00:05:00
3	Revisar condiciones de funcionamiento: presión de aire, caudal de refrigerante	00:03:50
4	Trasladarse a las oficinas de producción	00:03:20
5	Solicitar la próxima receta al área de producción	00:10:10
6	Trasladarse a la maquina trefiladora	00:05:30
7	Verificar el funcionamiento de la maquina	00:10:00
8	Trasladarse al área de herramental	00:11:00
9	Solicitar las matrices, dados. para cambio de formato	00:04:00
10	Trasladar las herramientas a la maquina trefiladora	00:04:00
11	Realizar limpieza ajuste y toma de medidas para el cambio	00:08:00
12	Detener la maquina reduciendo la velocidad	00:05:00
13	Desajustar la cámara de trefilado	00:04:45
14	Retirar los dados de la cámara de trefilado y recocido.	00:08:00
15	Poner en marcha la trefiladora para retirar de las poleas los dados	00:02:40
16	Aplicar presión de aire para el secado del cobre	00:06:00
17	Apagar la máquina y desajustar los topes de sujeción	00:03:00
18	Retiro de acoples de dados manuales	00:04:00
19	Retiro de dados	00:25:00
20	Realizar limpieza en mesa de trabajo	00:05:00
21	Limpieza de dados con aire comprimido	00:04:00
22	Limpieza de la cámara de recocido	00:08:00
23	Montaje de dados	00:05:10
24	Verificación de las condiciones de trabajo	00:10:00
25	Verificar material y orden de proceso	00:07:00
26	Devolver dado a herramental	00:10:00
27	Iniciar limpieza de la zona de trabajo	00:15:00
28	Iniciar proceso de trefilado.	00:18:00
Total		3:31:25

*Fuente: Elaboración propia*

Figura N°24 Diagrama de actividades del proceso trefilado



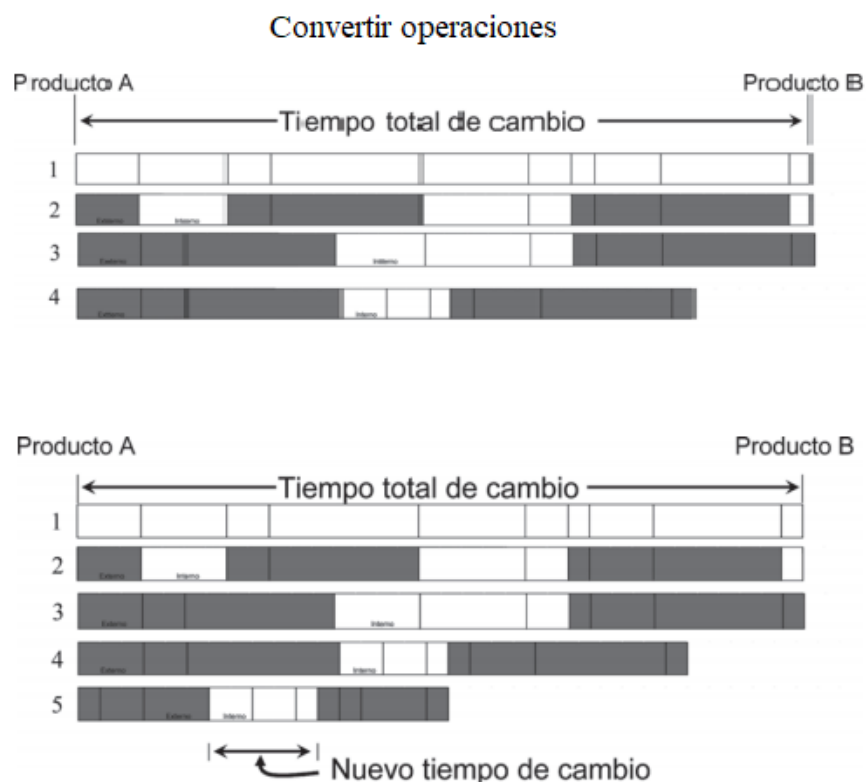
Fuente: Elaboración propia

En la figura N°24 del DAP, podemos visualizar las actividades que se realizan en la preparación de máquina trefiladora bifilar.

### 3.-Segunda etapa Convertir tareas internas en externas

En esta fase se buscó optimizar tiempos en todas las operaciones, tanto internas como externas, con el objetivo de acortar al máximo los tiempos empleados. los tiempos de las operaciones externas se reducen mejorando la localización, identificación y organización de útiles, herramientas y resto de elementos necesarios para el cambio de formato. para la reducción de los tiempos de las operaciones internas se llevaron a cabo operaciones en paralelo, se buscan métodos de sujeción rápidos y se realizaron eliminaciones de ajustes. reducción del tiempo preparación actual de 3:31:25 horas promedio por cambio.

Figura N°25 Conversión de operaciones internas a externas



*Fuente: (Libro RAJADELL, y otros, 2010)*

En la figura N°29 Se visualiza que, en la fase de convertir las tareas internas a externas, es la etapa donde se pretende reducir tiempo de preparación en cambio de formato, para posteriormente obtener un nuevo tiempo de cambio.

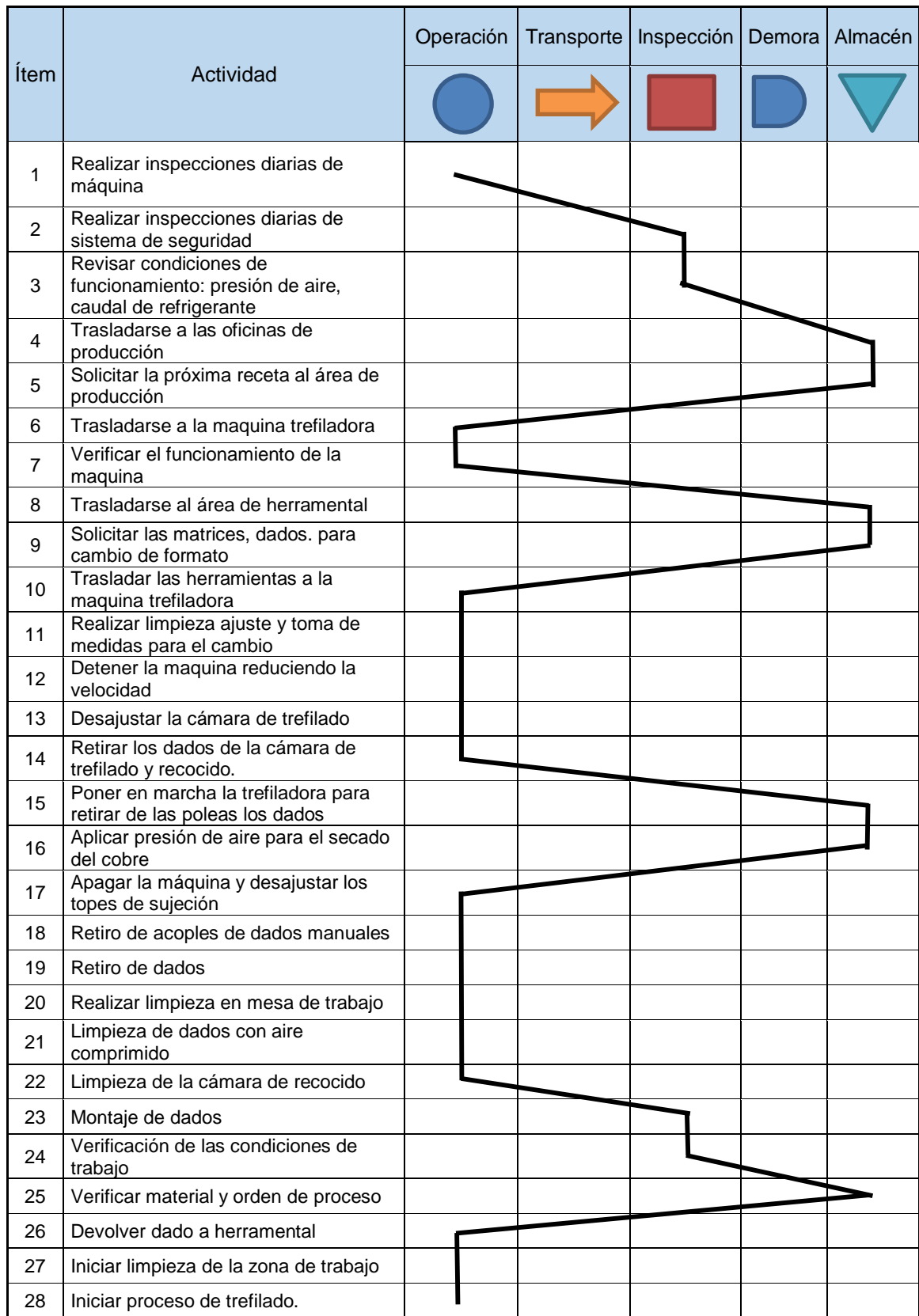
Tabla N°17 Identificación y conversión de operaciones

N.	Actividad	Operaciones		Tiempo	
		Ext.	Int.	Tiempo/ min	Tiempo/ min
1	Realizar inspecciones diarias de máquina	X		00:06:00	00:03:00
2	Realizar inspecciones diarias de sistema de seguridad		X	00:05:00	00:05:00
3	Revisar condiciones de funcionamiento: presión de aire, caudal de refrigerante		X	00:03:50	00:03:50
4	Trasladarse a las oficinas de producción		X	00:03:20	00:03:20
5	Solicitar la próxima receta al área de producción		X	00:10:10	00:07:00
6	Trasladarse a la maquina trefiladora		X	00:05:30	00:03:30
7	Verificar el funcionamiento de la maquina	X		00:10:00	00:08:00
8	Trasladarse al área de herramental		X	00:11:00	00:07:00
9	Solicitar las matrices, dados. para cambio de formato		X	00:04:00	00:03:00
10	Trasladar las herramientas a la maquina trefiladora		X	00:04:00	00:03:00
11	Realizar limpieza ajuste y toma de medidas para el cambio		X	00:08:00	00:05:00
12	Detener la maquina reduciendo la velocidad	X		00:05:00	00:05:00
13	Desajustar la cámara de trefilado		X	00:04:45	00:03:00
14	Retirar los dados de la cámara de trefilado y recocido.		X	00:08:00	00:06:00
15	Poner en marcha la trefiladora para retirar de las poleas los dados	X		00:02:40	00:01:40
16	Aplicar presión de aire para el secado del cobre		X	00:06:00	00:06:00
17	Apagar la máquina y desajustar los topes de sujeción	X		00:03:00	00:03:00
18	Retiro de acoples de dados manuales		X	00:04:00	00:04:00
19	Retiro de dados		X	00:25:00	00:23:00
20	Realizar limpieza en mesa de trabajo	X		00:05:00	00:05:00
21	Limpieza de dados con aire comprimido		X	00:04:00	00:04:00
22	Limpieza de la cámara de recocido		X	00:08:00	00:06:00
23	Montaje de dados		X	00:05:10	00:05:10
24	Verificación de las condiciones de trabajo		X	00:10:00	00:08:00
25	Verificar material y orden de proceso		X	00:07:00	00:07:00
26	Devolver dado a herramental		X	00:10:00	00:10:00
27	Iniciar limpieza de la zona de trabajo	X		00:15:00	00:10:00
28	Iniciar proceso de trefilado.	X		00:18:00	00:13:00
				3:31:25	2:51:30

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla de actividades de preparación de máquina se visualiza los tiempos de operaciones externas y operaciones internas.

Figura N°26 Diagrama de actividad del proceso



Fuente: *Elaboración propia*

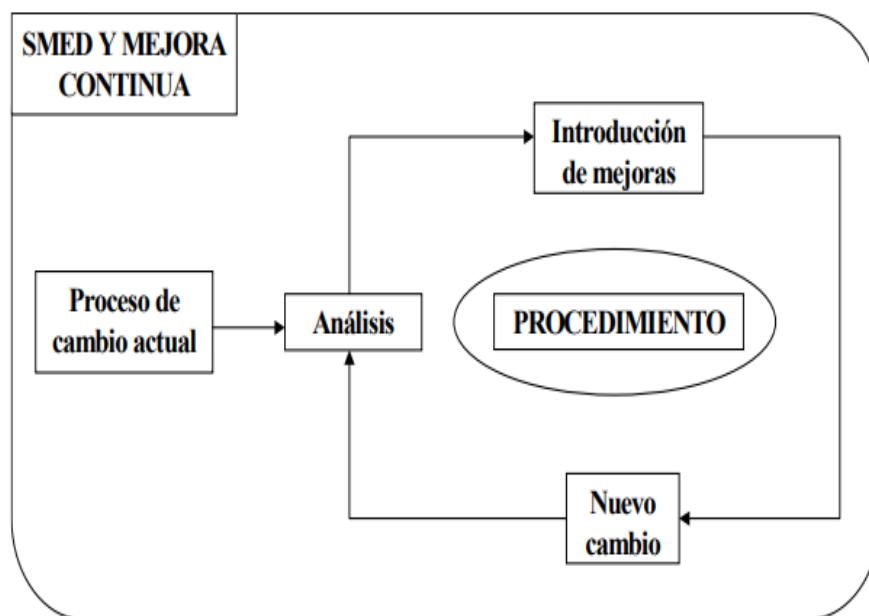
En la figura N°26 se visualiza el nuevo procedimiento de actividades, realizando la conversión de tareas internas a externas para un nuevo tiempo de preparación de máquina.

#### 4.-Tercera etapa Perfeccionar las tareas internas y externas

##### Estandarizar

En esta última fase se busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada, para ello se genera un nuevo procedimiento de trabajo, que se visualiza en el nuevo diagrama de actividades (DAP) siendo el tiempo promedio de 02:51:30 horas, obteniendo un logro en la reducción del tiempo de preparación de máquina en un 7%, para luego hacer seguimiento de la metodología aplicada en la línea de trefilado para su mejora continua y hacer más eficiente la línea trefiladora bifilar.

Figura N°27 SMED y mejora continua



*Fuente: Libro (A Revolution in Manufacturing: The Smed System. Productivity Press, 1989)*

Tabla N°18 Comparativo de Tiempo de cambio de formato Pre Test – Post test

Pre-test 2019				Post-test 2020			
Semana	Tiempo Disponible	Tiempo consumido por cambio	TPC	Semana	Tiempo Disponible	Tiempo consumido por cambio	TPC
27	26:15:00	25:27:12	97%	27	16:30:00	15:31:15	94%
28	20:15:00	19:38:30	97%	28	26:40:00	24:50:21	93%
29	24:00:00	22:53:57	95%	29	26:45:00	25:00:35	93%
30	10:30:00	10:03:15	96%	30	15:35:00	14:34:53	94%
31	21:45:00	21:21:33	98%	31	16:30:00	15:49:55	96%
32	22:30:00	21:55:42	97%	32	35:10:00	32:58:44	94%
33	12:00:00	11:44:00	98%	33	15:00:00	13:40:14	91%
34	18:50:00	18:01:36	96%	34	20:45:00	18:58:37	91%
35	14:45:00	14:03:00	95%	35	11:55:00	10:35:29	89%
36	30:10:00	29:18:42	97%	36	35:50:00	33:36:10	94%
37	19:25:00	20:17:00	104%	37	19:45:00	18:36:16	94%
38	17:35:00	18:02:48	103%	38	21:00:00	19:36:10	93%
39	14:25:00	15:07:24	105%	39	21:33:00	20:48:09	97%
40	10:50:00	12:05:33	112%	40	7:45:00	7:35:36	98%
PROMEDIO	263:15:00	260:00:12	99%	Totales	290:43:00	272:12:23	94%

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla N°18 Se visualiza el comparativo de los datos pre-test y post-test del tiempo de cambio de formato, identificando una reducción del 5% en el TPC.

La metodología SMED y sus beneficios:

los principales beneficios que se obtienen tras la aplicación de esta técnica, que se resumen en:

1. Se transformó tiempo no productivo en tiempo productivo, que repercute en un incremento de la capacidad de producción y de la productividad de la planta.
2. La reducción del plazo de entrega del lote de producción, cuyas consecuencias son un incremento de la flexibilidad de la planta frente a los cambios de la demanda.

3. Se estandarizo los procedimientos de cambio de formato, estableciendo métodos de trabajo cómodos y seguros, ofreciendo procesos de aprendizaje fáciles y garantizando la competitividad de la empresa a lo largo del tiempo.

Se procedió a determinar los pasos más factibles, eficientes y económicos mediante la eliminación de operaciones internas que no agregaban valor. Los gráficos adjuntos muestran las mejoras introducidas en el proceso de mejora y que permitió reducir los tiempos de algunas operaciones.

El diagrama de Gantt

Muestra el detalle de las actividades desarrolladas en la implementación de la propuesta de mejora. Para un ordenado desarrollo del informe de investigación, se siguió un cronograma distribuidas en semanas respectivamente.



Tabla N°19 Cronograma a ejecutar para la aplicación de la mejora de procesos.

Nº	Actividades de aplicación de mejora	Inicio	MES																									
			Junio			Julio					Agosto				Setiembre				Octubre				Nov					
			24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
	Proyecto de mejora SMED																											
1	Identificación de problema principal en la línea trefiladora	8-Jun																										
2	Revisión de datos y documentos	8-Jun																										
3	Validación de proyecto de mejora	8-Jun																										
4	Capacitación sobre aplicación del SMED	15-Jun																										
5	Obtención de datos del problema en la línea	15-Jun																										
6	Identificar operaciones internas y externas	22-Jun																										
7	Separar las operaciones internas y externas	28-Jun																										
8	Convertir las operaciones internas en externas	28-Jun																										
9	Estandarizar el cambio	28-Jun																										
10	Obtención de datos post aplicación del SMED	6-Jul																										
11	Análisis de datos post aplicación del SMED	28-Set																										
11	Comparación de datos pre test y post test	5-Oct																										
12	Análisis de resultados	16-Nov																										
13	Control de mejora	23-Nov																										
14	Recomendaciones	30-Nov																										

Fuente: Elaboración propia

## Productividad POST TEST

Tabla N°20 Productividad Post Test (Julio – Agosto – Setiembre 2020)

Mes	Semana	Tiempo Real (Horas)	Tiempo Programado (Horas)	EFICIENCIA	Cantidad Programada (Kilos)	Cantidad Producida (Kilos)	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
Julio	27	42:30:20	51:34:25	82%	194,936.19	164,040.48	84%	69%
	28	54:08:58	64:59:03	83%	229,715.79	196,146.36	85%	71%
	29	83:59:11	105:38:23	80%	325,630.04	277,259.48	85%	68%
	30	41:56:30	51:45:49	81%	165,414.25	142,597.41	86%	70%
	31	39:23:30	45:43:02	86%	144,223.94	124,117.20	86%	74%
Agosto	32	87:35:11	108:26:56	81%	321,602.78	269,658.47	84%	68%
	33	28:53:25	36:33:58	79%	127,185.17	109,133.04	86%	68%
	34	74:05:35	90:27:26	82%	300,977.01	258,964.25	86%	70%
	35	27:25:56	31:49:24	86%	119,985.34	100,762.69	84%	72%
	36	102:29:36	124:42:52	82%	474,478.50	402,759.71	85%	70%
Setiembre	37	49:33:28	59:27:10	83%	201,481.94	173,319.23	86%	72%
	38	59:26:50	73:50:47	81%	218,155.11	191,214.08	88%	71%
	39	54:37:59	68:36:38	80%	243,622.89	211,311.59	87%	69%
	40	19:54:00	24:45:00	80%	55,790.47	49,145.59	88%	71%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>766:00:29</b>	<b>938:20:52</b>	<b>82%</b>	<b>3123199.42</b>	<b>2670429.58</b>	<b>86%</b>	<b>70%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la Tabla N°20 se visualiza los datos post-test de la variable dependiente la productividad 70% y sus indicadores eficiencia 82% y eficacia 86%, Luego de la aplicación del método de mejora SMED; segmentados los datos en 40 semanas.

## Dimensiones Variable dependiente: Eficiencia

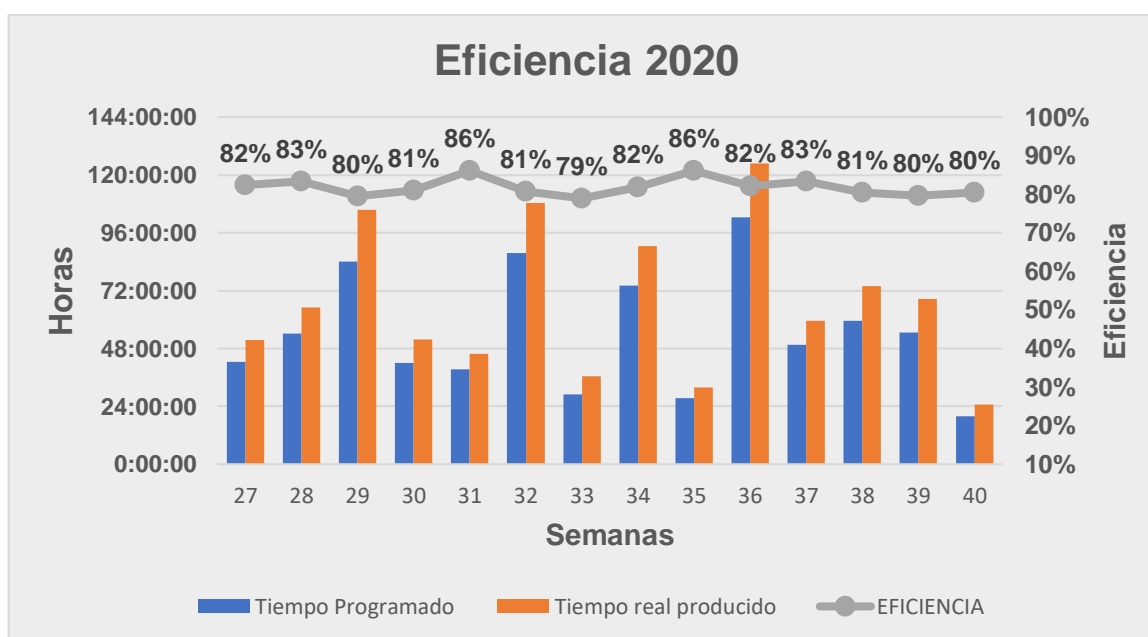
Tabla N°21 Eficiencia Post - test (Julio - Agosto – Setiembre 2020)

Mes	Semana	Tiempo Real (Horas)	Tiempo Programado (Horas)	EFICIENCIA
Julio	27	42:30:20	51:34:25	82%
	28	54:08:58	64:59:03	83%
	29	83:59:11	105:38:23	80%
	30	41:56:30	51:45:49	81%
	31	39:23:30	45:43:02	86%
Agosto	32	87:35:11	108:26:56	81%
	33	28:53:25	36:33:58	79%
	34	74:05:35	90:27:26	82%
	35	27:25:56	31:49:24	86%
	36	102:29:36	124:42:52	82%
Setiembre	37	49:33:28	59:27:10	83%
	38	59:26:50	73:50:47	81%
	39	54:37:59	68:36:38	80%
	40	19:54:00	24:45:00	80%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>766:00:29</b>	<b>938:20:52</b>	<b>82%</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°21 se visualiza la dimensión eficiencia con un 82%, resultado de sus indicadores tiempo programado y tiempo real producido en horas.

Gráfico N°8 Barras de la Eficiencia post-test



Fuente: Elaboración propia

## Dimensiones Variable dependiente: Eficacia

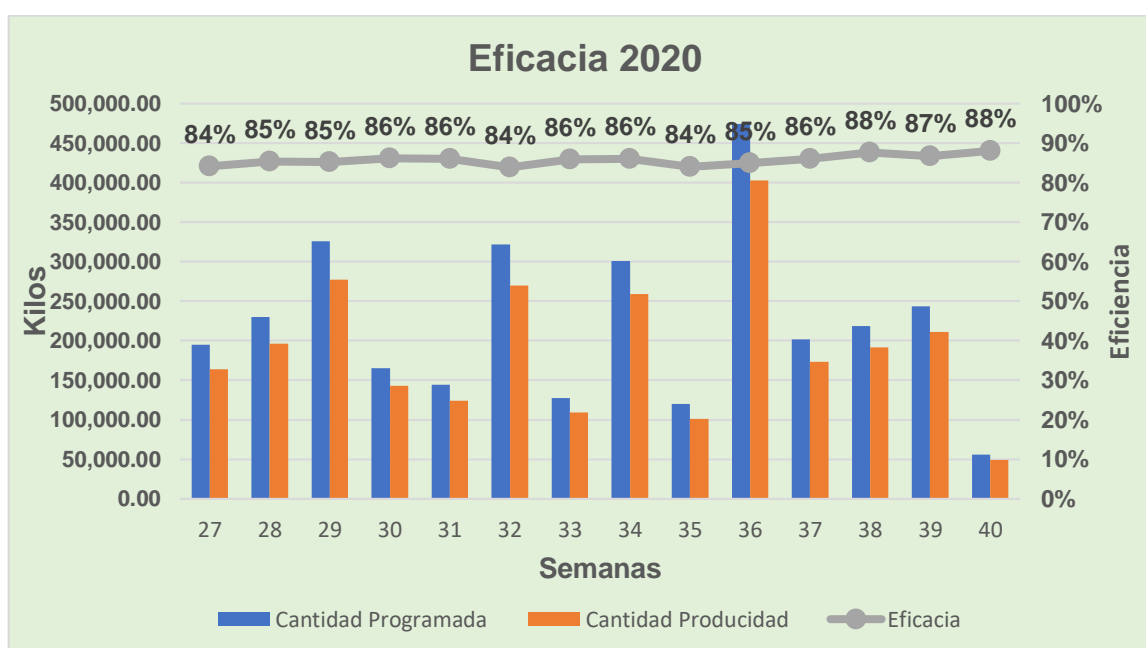
Tabla N°22 Eficacia Post - test (Julio - Agosto – Setiembre 2020)

Mes	Semana	Cantidad Programada (Kg)	Cantidad Producida (Kg)	EFICACIA
Julio	27	194,936.19	164,040.48	84%
	28	229,715.79	196,146.36	85%
	29	325,630.04	277,259.48	85%
	30	165,414.25	142,597.41	86%
	31	144,223.94	124,117.20	86%
Agosto	32	321,602.78	269,658.47	84%
	33	127,185.17	109,133.04	86%
	34	300,977.01	258,964.25	86%
	35	119,985.34	100,762.69	84%
	36	474,478.50	402,759.71	85%
Setiembre	37	201,481.94	173,319.23	86%
	38	218,155.11	191,214.08	87%
	39	243,622.89	211,311.59	87%
	40	55,790.47	49,145.59	88%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>3,125,199.42</b>	<b>2,670,429.58</b>	<b>86%</b>

Fuente: Elaboración propia

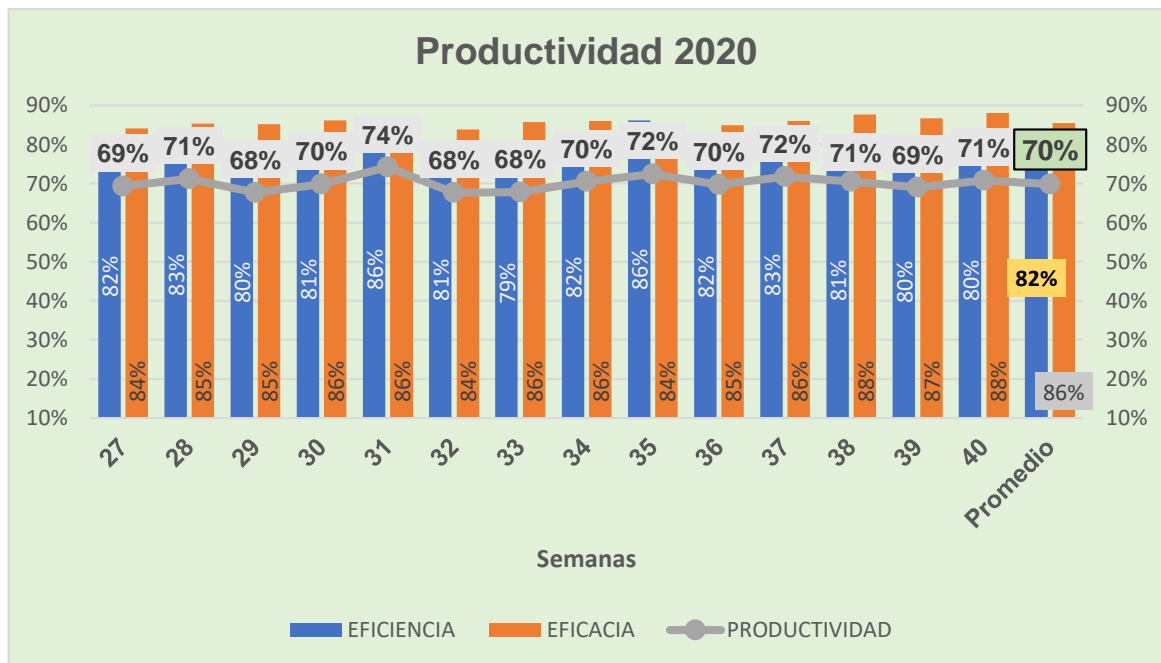
En la tabla N°22 se visualiza la dimensión eficacia con un 86%, resultado de sus indicadores cantidad programado y cantidad real producido en kilos.

Gráfico N°9 Barras de la Eficacia post



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°10 Barras de los Indicadores de productividad



*Fuente: Elaboración propia*

En la gráfico N°10 Se visualiza los indicadores de producción luego de realizar la mejora con la metodología SMED, la productividad 70%, eficiencia 82% y eficacia 86% de los datos post-test.

## TIEMPO DE CAMBIO - DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA POST TEST

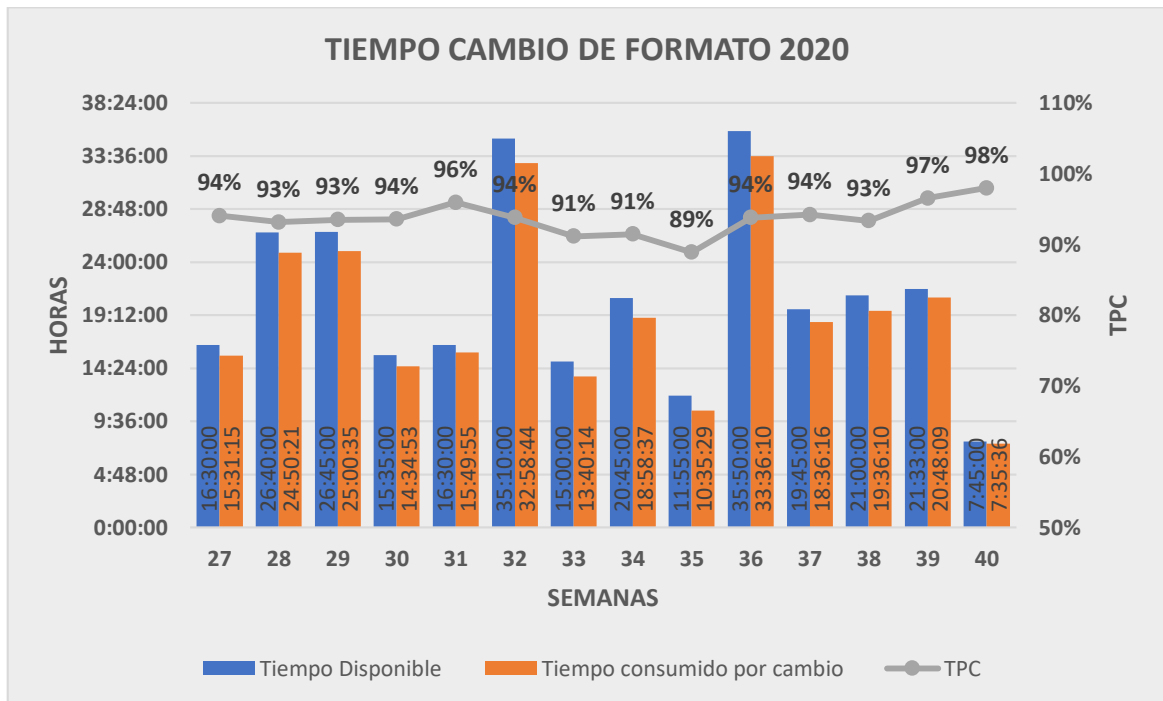
Tabla N°23 TPC – Disponibilidad de máquina Post Test (Julio – Agosto – Setiembre 2020)

Mes	Semana	Tiempo Disponible (Horas)	Tiempo consumido por cambio (Horas)	TPC	Tiempo Operativo (Horas)	Tiempo real disponible (Horas)	Disponibilidad Máquina
Julio	27	16:30:00	15:31:15	94%	51:34:25	43:45:34	85%
	28	26:40:00	24:50:21	93%	64:59:03	54:12:27	83%
	29	26:45:00	25:00:35	93%	105:38:23	87:51:34	83%
	30	15:35:00	14:34:53	94%	51:45:49	44:28:05	86%
	31	16:30:00	15:49:55	96%	45:43:02	38:48:02	85%
Agosto	32	35:10:00	32:58:44	94%	109:26:56	91:17:15	83%
	33	15:00:00	13:40:14	91%	36:33:58	30:13:57	83%
	34	20:45:00	18:58:37	91%	90:27:26	76:21:26	84%
	35	11:55:00	10:35:29	89%	31:49:24	27:15:46	86%
	36	35:50:00	33:36:10	94%	124:42:52	104:57:24	84%
Setiembre	37	19:45:00	18:36:16	94%	59:27:10	50:52:01	86%
	38	21:00:00	19:36:10	93%	73:50:47	62:41:41	85%
	39	21:33:00	20:48:09	97%	68:36:38	56:55:00	83%
	40	7:45:00	7:35:36	98%	24:45:00	20:40:25	84%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>290:43:00</b>	<b>272:12:23</b>	<b>94%</b>	<b>939:20:52</b>	<b>790:20:37</b>	<b>84%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

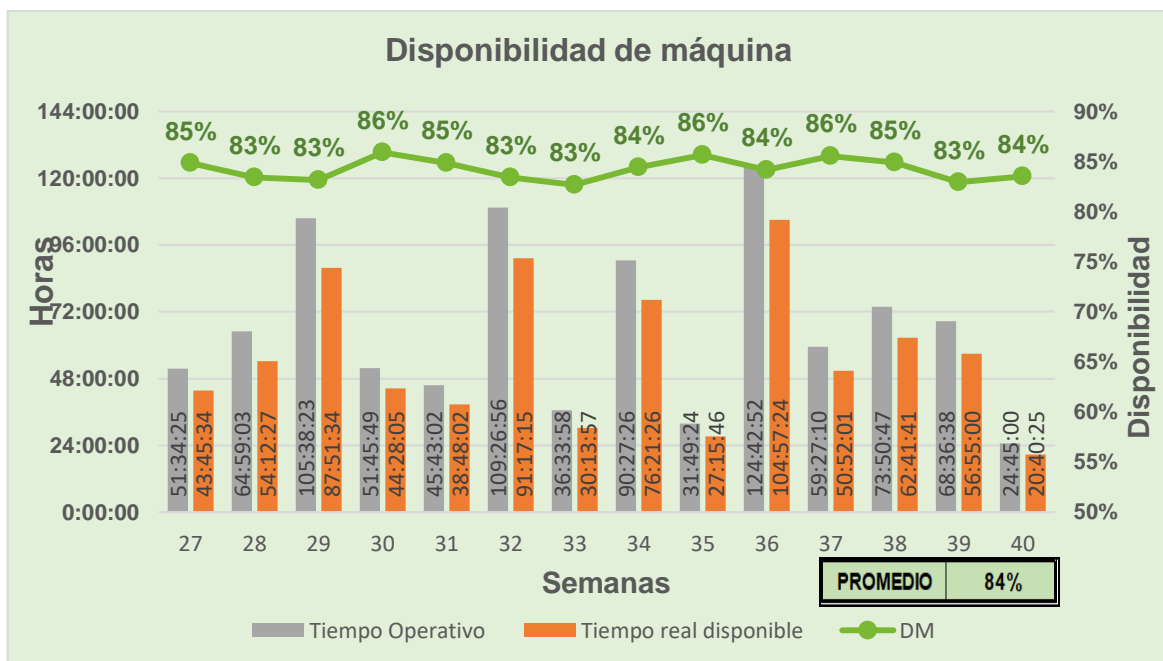
En la Tabla N°23 se visualiza los datos post-test de la variable independiente y sus indicadores TPC 94% y DM 84%, Luego de la aplicación del método de mejora SMED; segmentados los datos de estudio en 40 semanas.

Gráfico N°11 Barras del Tiempo de parada por cambio post



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°12 Barras de la Disponibilidad de máquina post



Fuente: Elaboración propia

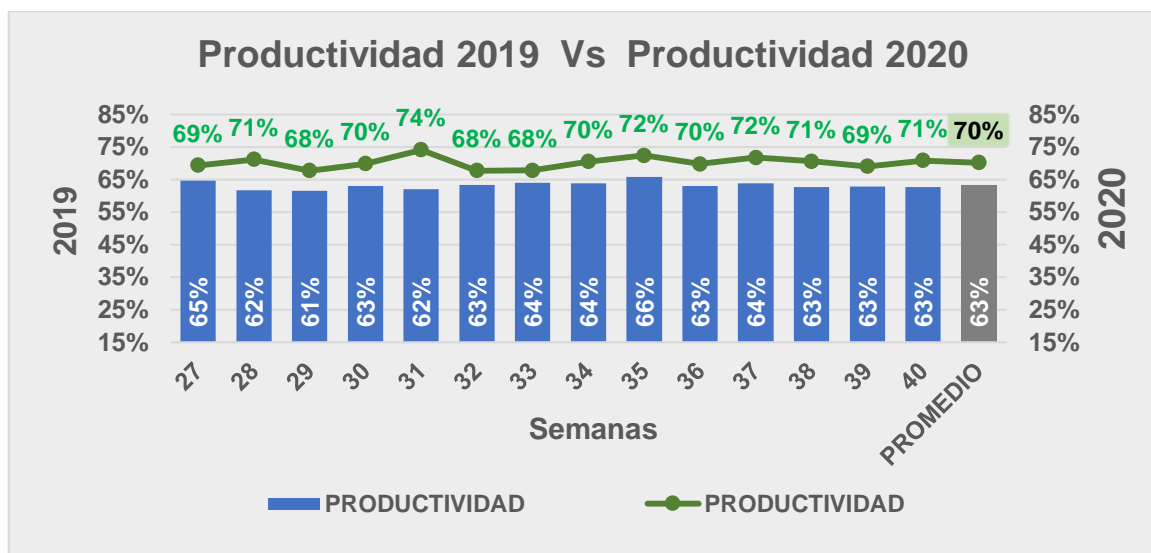
Tabla N°24 Cuadro comparativo de la productividad Pre-test y Post-test

Pre-test 2019					Post-test 2020				
Mes	Semana	EFICIENCIA	EFICACIA	PROD.	Mes	Semana	EFICIENCIA	EFICACIA	PROD.
Julio	27	79%	82%	65%	Julio	27	82%	84%	69%
	28	77%	80%	62%		28	83%	85%	71%
	29	77%	80%	61%		29	80%	85%	68%
	30	77%	82%	63%		30	81%	86%	70%
	31	77%	81%	62%		31	86%	86%	74%
Agosto	32	80%	80%	63%	Agosto	32	81%	84%	68%
	33	80%	80%	64%		33	79%	86%	68%
	34	77%	83%	64%		34	82%	86%	70%
	35	80%	82%	66%		35	86%	84%	72%
	36	78%	81%	63%		36	82%	85%	70%
Setiembre	37	79%	81%	64%	Setiembre	37	83%	86%	72%
	38	78%	81%	63%		38	81%	88%	71%
	39	76%	82%	63%		39	80%	87%	69%
	40	77%	81%	63%		40	80%	88%	71%
	PROMEDIO	78%	81%	63%		PROMEDIO	82%	86%	70%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro comparativo de la producción y sus indicadores se visualiza en los datos pre-test la productividad en 63% y post-test en 70%, analizando un incremento del 7% en la productividad luego de implementar la herramienta SMED en la línea trefiladora bifilar.

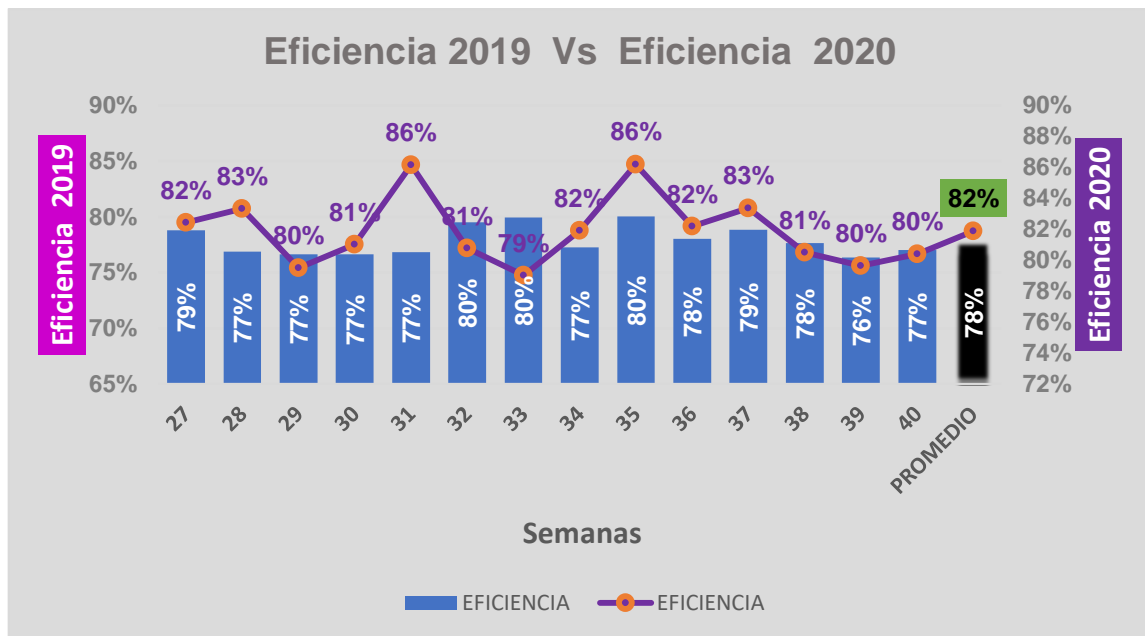
Gráfico N°13 Gráfico de la Productividad pres-test vs. post-test



Fuente: Elaboración propia

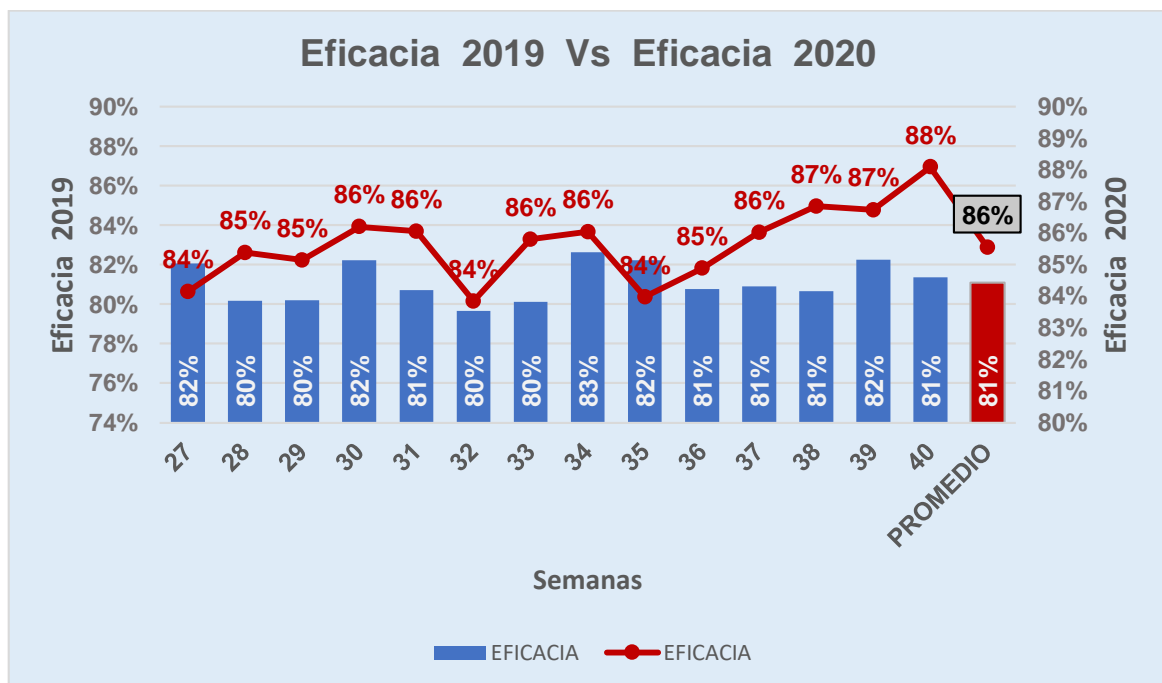


Gráfico N°14 Gráfico de la Eficiencia pres-test vs. post-test



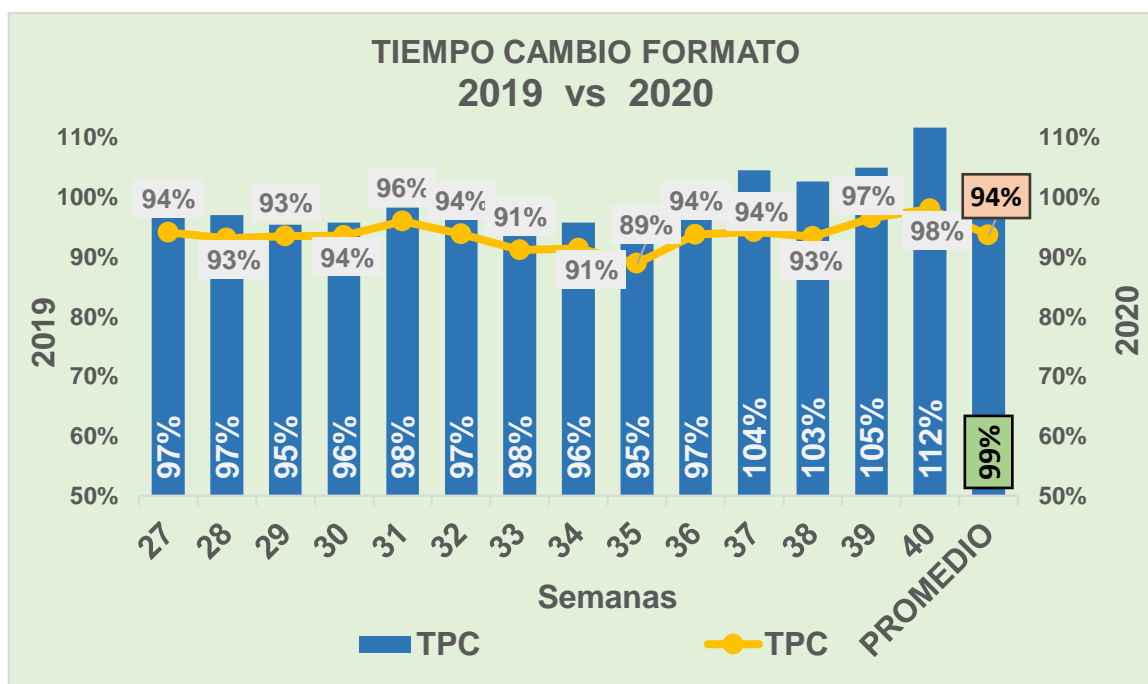
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°15 Gráfico de la Eficacia pres-test vs. post-test



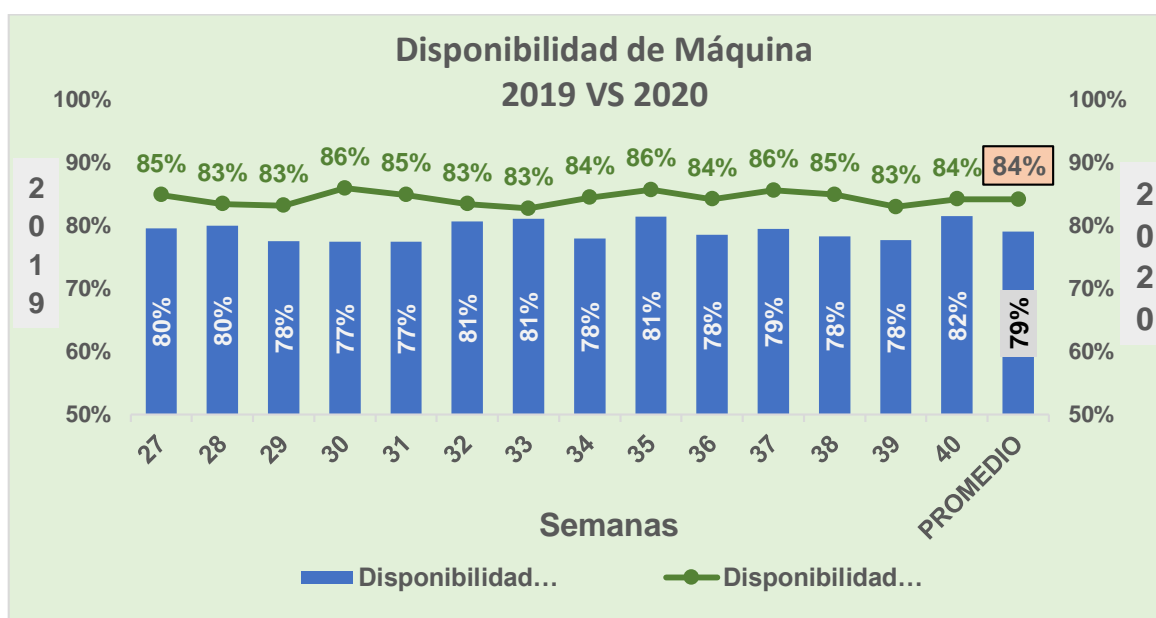
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°16 Gráfico del tiempo de cambio de formato pres-test vs. post-test



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°17 Gráfico de la Disponibilidad de máquina pres-test vs. post-test



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°17, Se observa los datos de disponibilidad de la máquina trefiladora pres test con 79%, luego con la implementación de la herramienta los datos post test en 84 % en promedio.

### 3.5.6. Evaluación económica financiera

Recursos y Presupuesto: Para la elaboración de este proyecto de investigación se requirió de los recursos necesarios a lo largo de tiempo que se lleva la investigación. Los recursos son propios del investigador como recursos económicos, logísticos, intelectuales.

Para la elaboración de este proyecto de investigación se ha realizado el siguiente presupuesto.

Presupuesto del proyecto por el investigador

Tabla N°25 Recursos no monetarios invertido en el proyecto

CLASIFICACIÓN	RECURSOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO X INVESTIGACIÓN	COSTO
OTROS GASTOS	Costo de investigadores	Hrs	400	15	S/6,000.00	S/12,000.00
PAPELERA EN GENERAL	Cuaderno	Und	1	9	S/9.00	S/18.00
UTILES Y MATERIALES DE OFICINA	Otros útiles de oficina	Und	2	20	S/40.00	S/80.00
	Dispositivo USB 32Gb	Und	1	30	S/30.00	S/60.00
						S/12,158.00

*Fuente Elaboración Propia*

Tabla N°26 Recursos monetarios invertido en el proyecto

CLASIFICACIÓN	RECURSOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO X INVESTIGADOR	COSTO TOTAL
SERVICIOS EDUCATIVOS	Pago de matricula	Und	2	350	S/700.00	S/1,400.00
	Pago de curso	Und	10	650	S/6,500.00	S/13,000.00
	Pago de Carpeta	Und	1	1000	S/1,000.00	S/2,000.00
REPUESTOS Y ACCESORIOS	Audífonos	Und	1	50	S/50.00	S/100.00
OTROS GASTOS	Luz y Conexión de internet	Hrs	200	2	S/400.00	S/800.00
						S/17,300.00

*Fuente: Elaboración Propia*

Los recursos no monetarios para la elaboración de nuestro proyecto de investigación ascienden a un costo de S/. 12,158.00 y el costo de S/. 17,300.00 por recursos monetarios; como se percibe en la tabla, siendo el costo total proyectado de S/. 29,458.00.

Financiamiento: El actual trabajo de investigación “Aplicación del SMED para incrementar la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020”. Está financiado en su totalidad por recursos propios.

- Análisis económico – financiero

Se calcularon los beneficios y ahorros por implementación de la propuesta. Estos se detallan en los cuadros adjuntos.

- Análisis del Cálculo del Beneficio / Costo

El B/C se ha calculado para un horizonte de 24 meses y se muestra en la tabla.

- Para calcular el VAN de los beneficios se debe considera una TEA de un ahorro plazo fijo promedio de la empresa en estudio de 17%, lo que también se conoce como COK (Costo de oportunidad de capital), el costo de oportunidad de capital se refiere al interés que podría recibirse como mínimo por disponer el dinero en una entidad financiera sin correr ningún riesgo.
- La relación beneficio - costo respecto a la implementación de la propuesta de mejora y muestra que por cada sol invertido en la mejora se obtuvo un beneficio de S/. 0.18.

Tabla N°27 Flujo de Caja económico de la solución

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO													
Cálculo del VAN	S/	6,727.64											
Costo de Oportunidad del capital=		17%											
Cálculo de la TIRE		21.31%											
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	S/	1.18											
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>Costos Pre</b>		251,147.85	251,147.85	251,148.85	251,149.85	251,150.85	251,151.85	251,152.85	251,153.85	251,154.85	251,155.85	251,156.85	251,157.85
Costo de Materia Prima		141,130.77	141,130.77	141,131.77	141,132.77	141,133.77	141,134.77	141,135.77	141,136.77	141,137.77	141,138.77	141,139.77	141,140.77
Costo de Mano de Obra		48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0	48,300.0
Costos Generales		61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.5	61,054.48
Costo de reproceso de materia Prima		662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59	662.59
<b>Costos Post</b>		242,289.73	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68	242,267.68
Costo de Materia Prima		141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77	141,130.77
Costo de Mano de Obra		39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00	39,600.00
Costos Generales		60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49	60,953.49
Costo de reproceso de materia Prima		605.47	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42	583.42
Beneficio		8,858	8,880	8,881	8,882	8,883	8,884	8,885	8,886	8,887	8,888	8,889	8,890
<b>Inversiones Intangibles</b>	17,900												
Servicios Educativos	16,400												
Respuesto y accesorios	100												
Otros gastos	1,400												
<b>Inversiones Tangibles</b>	19,666												
Investigación (Responsables)	17,280												
Papelería y otros	118												
Útiles y materiales de Oficina	60												
Costo de capacitación	2,208												
<b>TOTALES NETOS</b>	-37,566	8,858	8,880	8,881	8,882	8,883	8,884	8,885	8,886	8,887	8,888	8,889	8,890

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Método de análisis de datos

Según (HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2010 pág. 260), “el análisis de contenido cuantitativo es una técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de manera objetiva y sistemática, que cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías, y los somete a análisis estadístico”.

El método de análisis de datos se efectuó de manera cuantitativa de los datos adquiridos y fueron registrados en el Software SPSS versión 22, aplicándose la estadística descriptiva para calcular las medidas de tendencia central (moda y media); medidas de dispersión de las variables (varianza y desviación estándar) e histogramas como análisis de datos, con el objetivo de identificar de qué manera la variable independiente SMED repercute o afecta en la variable dependiente productividad y sus dimensiones. Asimismo, para comprobar las hipótesis aludido. Análisis inferencial es la validación de las hipótesis.

### 3.7 Aspectos éticos

La investigación es un acto ético y moral, que cumple con el reglamento determinado por la Universidad César Vallejo, respetando cada investigación, siendo de nuestra autoría, no practicando la copia ni parcialmente ni total, dando legitimidad a los resultados del presente trabajo como real y no falso.

#### IV. RESULTADOS

## Análisis Descriptivo

La Estadística Descriptiva es el estudio que incluye la obtención, organización, presentación y descripción de información numérica. (Valderrama, S. 2002, p.230), Se hace uso de:

- Medidas de tendencia central: Media, Mediana y moda
- Medidas de variabilidad: Rango, desviación estándar, varianza y coeficiente de variabilidad.
- Gráficos: Dependerán de las variables. En las variables cuantitativas continuas o agrupadas en intervalos se utilizan histogramas y en las cuantitativas discretas se usa el gráfico de barras.

## Análisis Inferencial

La estadística inferencial estima los atributos de la población y realiza una comparación de las variables y comprueba su relación. (Juarez Et al.,2012, p,8).

### Análisis de normalidad de la variable dependiente

Para valorar la normalidad univariante de los datos obtenidos de la investigación antes y después de la implementación son necesarios los contrastes de normalidad mediante los estadígrafos de Kolgomorov-Smirnov y Shapiro Wilk.

- Kolgomorov-Smirnov: Este tipo de estadígrafo compara la función de distribución empírica muestral con la teórica de una población, es decir no resultado cuando el tamaño de la muestra es pequeño ya que su precisión es baja para este tipo de muestras, se debe considerar datos mayores a 30 cantidades.
- Shapiro Wilk: El estadígrafo de Shapiro Wilk mide el grado de ajuste a una recta de las observaciones de la muestra presentada en un gráfico de probabilidades, este tipo de estadígrafo permite trabajar con valores pequeños es decir con datos no mayor a 30 cantidades.



## ANÁLISIS DESCRIPTIVOS

### CUADROS ESTADÍSTICOS

#### Variables Independiente SMED – Dimensión Tiempo de cambio de operación

Tabla N°28 Distribución de Frecuencias de Pretest Tiempo de Cambio de Operación.

Pretest TPC				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
,92	2	2.5	2.5	2.5
,93	3	3.8	3.8	6.3
,94	8	10.0	10.0	16.3
,95	3	3.8	3.8	20.0
,96	8	10.0	10.0	30.0
,97	13	16.3	16.3	46.3
<b>,98</b>	<b>14</b>	<b>17.5</b>	<b>17.5</b>	<b>63.8</b>
,99	10	12.5	12.5	76.3
1,00	5	6.3	6.3	82.5
1,01	1	1.3	1.3	83.8
1,02	2	2.5	2.5	86.3
1,03	1	1.3	1.3	87.5
1,04	2	2.5	2.5	90.0
1,05	1	1.3	1.3	91.3
1,06	2	2.5	2.5	93.8
1,07	1	1.3	1.3	95.0
1,08	2	2.5	2.5	97.5
1,19	1	1.3	1.3	98.8
1,22	1	1.3	1.3	100.0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: *Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°28 observamos que el índice válido de la TPC Pretest (98%) tiene una frecuencia de 14 con porcentaje acumulado (63.8%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°29 Distribución de Frecuencias de Postest Tiempo de Cambio de Operación

Postest TPC				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
,88	2	2.5	2.5	2.5
,89	7	8.8	8.8	11.3
,90	4	5.0	5.0	16.3
,91	7	8.8	8.8	25.0
,92	4	5.0	5.0	30.0
,93	13	16.3	16.3	46.3
<b>,94</b>	<b>16</b>	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>	<b>66.3</b>
,95	10	12.5	12.5	78.8
,96	6	7.5	7.5	86.3
,97	2	2.5	2.5	88.8
,98	4	5.0	5.0	93.8
,99	3	3.8	3.8	97.5
1,00	1	1.3	1.3	98.8
1,01	1	1.3	1.3	100.0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: *Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°29 observamos que el índice válido de la TPC postest (94%) tiene una frecuencia de 16 con porcentaje acumulado (66.3%), siendo esto el de mayor frecuencia.

## CUADRO COMPARATIVO DEL ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO TPC

Tabla N°30 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Tiempo de Cambio de Operación

Estadísticos		Pretest TPC	Postest TPC
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Media		0.9860	0.9359
Error estándar de la media		0.00557	0.00324
Mediana		0.98	0.94
Moda		0.98	0.94
Desv. Estándar		0.04983	0.02902
Varianza		0.002	0.001
Asimetría		2.406	0.177
Error estándar de asimetría		0.269	0.269
Curtosis		8.294	-0.159
Error estándar de Curtosis		0.532	0.532
Rango		0.30	0.13
Mínimo		0.92	0.88
Máximo		1.22	1.01
Suma		78.88	74.87
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.			

Fuente: Elaboración Propia

Se analiza los siguientes datos:

En la tabla N°30 se observan los valores de la media, donde los datos del pretest se encuentran en 0.99% y los datos del posttest en 0.94% lo cual el tiempo de cambio de formato ha mejorado con la aplicación del SMED en la trefiladora bifilar, logrando disminuir el tiempo de cambio.

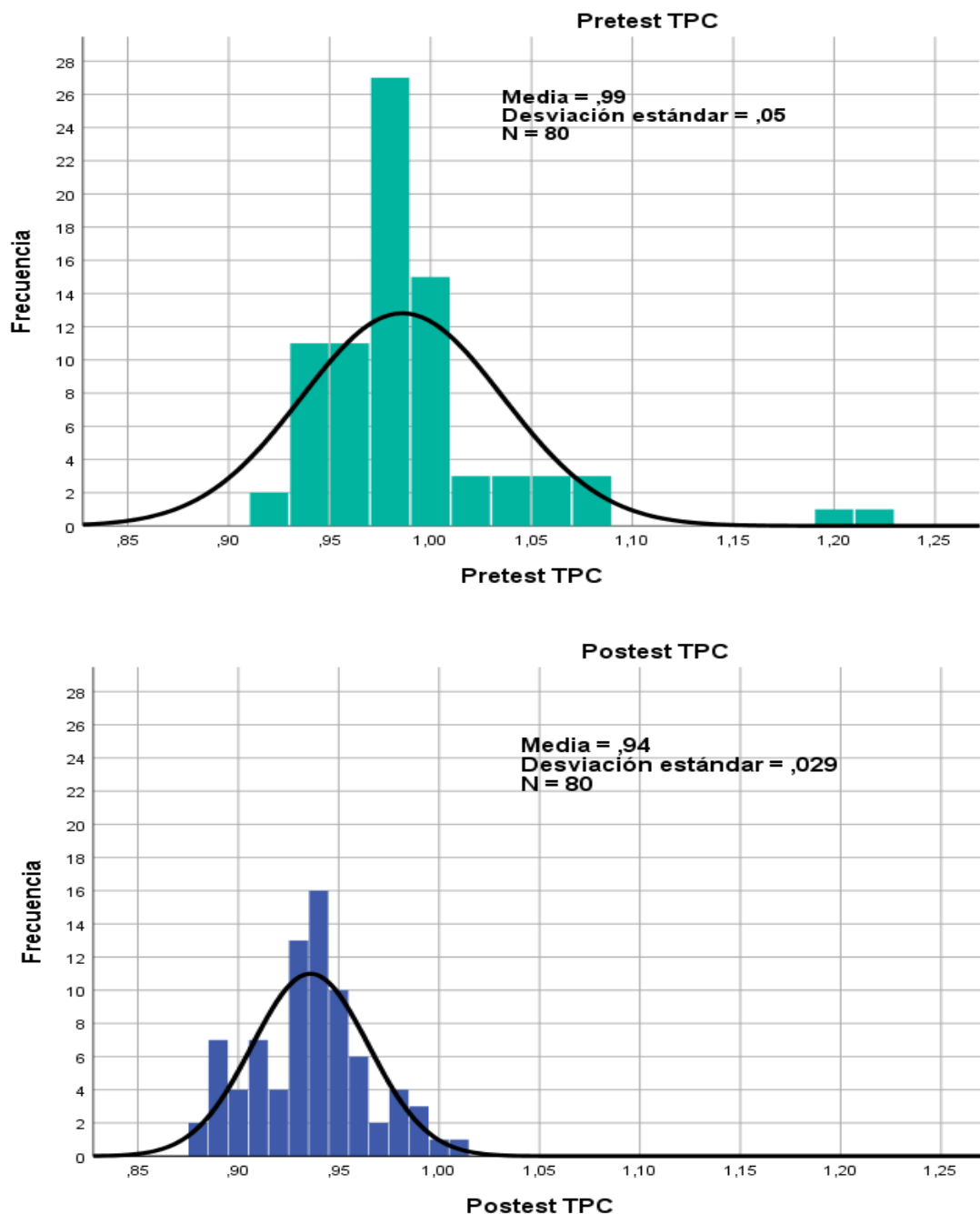
Desviación estándar con respecto a la media es 0.04983 en el pretest donde los datos están más dispersos observándose mayor variabilidad y en el post test se observa una disminución significativa en el grado de variación de 0.02902 donde se encuentran más agrupados y de menor variación.

La asimetría observada en el pretest es de 2.406 nos indica que es positiva y la curva de normalidad está a la izquierda con respecto a la media y la asimetría en el posttest es positiva de 0.177 y la curva de normalidad a la izquierda con respecto a la media; indicando que la aplicación logro mejorar en cuando a la agrupación de datos más próximo a la media.

Curtosis en el pretest con respecto a la media es de 8.294 considerándose una curva leptocúrtica, donde se observa una excesiva concentración de datos con

respecto a la media, y en el postest con respecto a la media es negativo -0.159 donde nos indica que los valores en promedio se encuentran desconcentrados con respecto a la media; considerándose una curtosis platicúrtica.

*Gráfico N°18 Histogramas de Tiempo de Cambio de Operación Pretest y Postest*



Fuente: SPSS

En el Gráfico N°18 de TPC, se muestra los mayores porcentajes de pretest y está entre 0.97 y 0.99 por el cual el TPC desempeña un 97% a 99% y los mayores

porcentajes de TPC posttest está entre 0.93 y 0.95 por el cual la TPC está entre 93% a 95%.

### **Variables Independiente SMED – Dimensión Disponibilidad de Máquina**

Tabla N°31 Distribución de Frecuencias de Pretest de Disponibilidad de Máquina.

Pretest DM				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.7	1	1.3	1.3	1.3
0.71	1	1.3	1.3	2.5
0.72	1	1.3	1.3	3.8
0.73	2	2.5	2.5	6.3
0.74	1	1.3	1.3	7.5
0.75	5	6.3	6.3	13.8
0.76	7	8.8	8.8	22.5
0.77	10	12.5	12.5	35.0
0.78	8	10.0	10.0	45.0
0.79	8	10.0	10.0	55.0
0.8	9	11.3	11.3	66.3
0.81	5	6.3	6.3	72.5
0.82	7	8.8	8.8	81.3
0.83	4	5.0	5.0	86.3
0.84	5	6.3	6.3	92.5
0.86	1	1.3	1.3	93.8
0.87	2	2.5	2.5	96.3
0.89	3	3.8	3.8	100.0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: *Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°31 observamos que el índice válido de la Disponibilidad de maquina Pretest (77%) tiene una frecuencia de 10 con porcentaje acumulado (35.0%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°32 Distribución de Frecuencias de Posttest de Disponibilidad de Máquina.

Posttest DM				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.75	1	1,3	1,3	1,3
0.78	2	2,5	2,5	3,8
0.79	2	2,5	2,5	6,3
0.8	3	3,75	3,75	10,0
0.81	4	5	5	15,0
0.82	10	12,5	12,5	27,5
0.83	7	8,75	8,75	36,3
0.84	14	17,5	17,5	53,8
0.85	9	11,25	11,25	65,0
0.86	7	8,75	8,75	73,8
0.87	10	12,5	12,5	86,3
0.88	2	2,5	2,5	88,8
0.89	5	6,25	6,25	95,0
0.91	2	2,5	2,5	97,5
0.92	2	2,5	2,5	100,0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: *Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°32 observamos que el índice válido de la Disponibilidad de Maquina Posttest (84%) tiene una frecuencia de 14 con porcentaje acumulado (53.8%), siendo esto el de mayor frecuencia.

## CUADRO COMPARATIVO DEL ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA

Tabla N°33 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest  
de Disponibilidad de Maquina

Estadísticos		Pretest DM	Postest DM
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Media		0.7930	0.8443
Error estándar de la media		0.00442	0.00362
Mediana		0.7900	0.8400
Moda		0.77	0.84
Desv. Estándar		0.03950	0.03240
Varianza		0.002	0.001
Asimetría		0.345	-0.024
Error estándar de asimetría		0.269	0.269
Curtosis		0.307	0.404
Error estándar de curtosis		0.532	0.532
Rango		0.19	0.17
Mínimo		0.70	0.75
Máximo		0.89	0.92
Suma		63.44	67.54
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.			

Fuente: Elaboración Propia

Se analiza los siguientes datos:

En la tabla N°33 se observa los valores de la media, donde los datos del pretest se encuentra en 0.7930 y del posttest en 0.8443; Por consiguiente, con la aplicación del SMED en la línea trefiladora bifilar se logró un incremento significativo de 79% a 84% en disponibilidad de máquina.

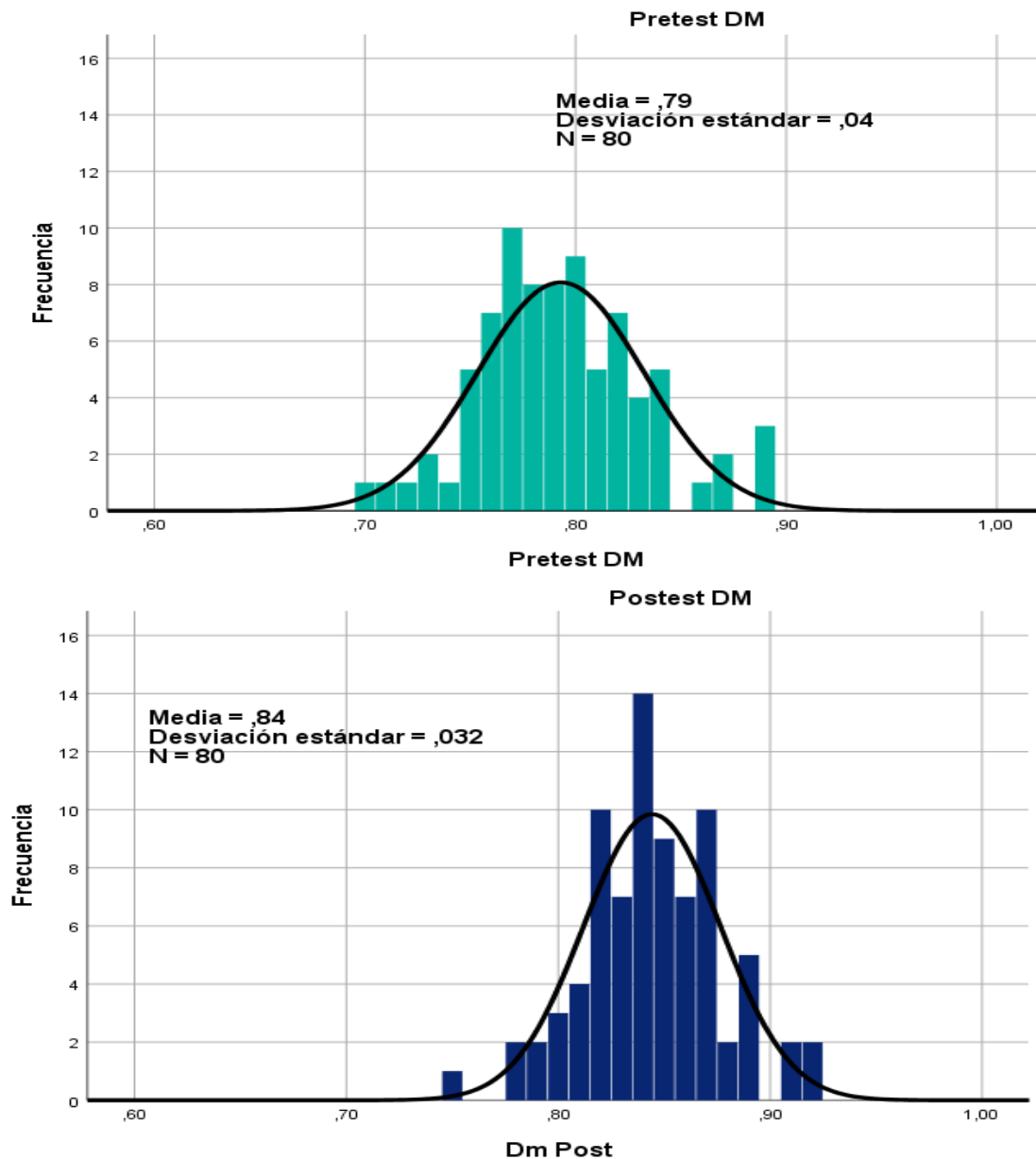
Desviación estándar en el pretest con respecto a la media es 0.03950 y la desviación estándar del posttest es 0.03240, donde nos indica que la dispersión de datos es de menor variación; siendo en el pos test donde podemos observar una ligera baja dispersión de datos con la aplicación del SMED en la línea trefiladora bifilar.

La asimetría observada en el pretest es de 0.345 nos indica que es positiva y la curva de normalidad está a la izquierda con respecto a la media y la asimetría en el posttest es negativa de -0.024 y la curva de normalidad a la derecha con respecto a la media.

Curtosis en el pretest con respecto a la media el valor es de 0.307 y en el post test el valor es de 0.404; en ambos casos tienden a presentar una curva normal

ligeramente mesocúrtica, donde se observa una excesiva concentración de datos con respecto a la media.

*Gráfico N°19 Histogramas de Disponibilidad de Maquina de Pretest y Postest*



Fuente: SPSS

En el Gráfico N° 21 Disponibilidad de máquina, se muestra los mayores porcentajes de pretest y está entre 0.77 y 0.80 por el cual el DM desempeña un 77% a 80% y los mayores porcentajes de DM posttest está entre 0.84 y 0.87 por el cual la DM esta entre 84% a 87%.

## Variable Dependiente Productividad – Dimensión Eficiencia

Tabla N°34 Distribución de Frecuencias de Pretest de Eficiencia

Pretest EFICIENCIA				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.72	5	6,3	6,3	6,3
0.73	5	6,3	6,3	12,5
0.75	10	12,5	12,5	25,0
0.76	3	3,8	3,8	28,8
0.77	8	10,0	10,0	38,8
<b>0.78</b>	<b>17</b>	<b>21,3</b>	<b>21,3</b>	<b>60,0</b>
0.79	6	7,5	7,5	67,5
0.8	9	11,3	11,3	78,8
0.81	4	5,0	5,0	83,8
0.82	4	5,0	5,0	88,8
0.83	4	5,0	5,0	93,8
0.85	1	1,3	1,3	95,0
0.87	4	5,0	5,0	100,0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla N°34 observamos que el índice válido de la Eficiencia pretest (78%) tiene una frecuencia de 17 con porcentaje acumulado (60%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°35 Distribución de Frecuencias de Posttest de Eficiencia

Postest EFICIENCIA				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.7	1	1,3	1,3	1,3
0.73	1	1,3	1,3	2,5
0.74	3	3,8	3,8	6,3
0.75	4	5,0	5,0	11,3
0.76	6	7,5	7,5	18,8
0.77	2	2,5	2,5	21,3
0.78	5	6,3	6,3	27,5
0.79	8	10,0	10,0	37,5
0.8	4	5,0	5,0	42,5
0.81	7	8,8	8,8	51,3
0.82	1	1,3	1,3	52,5
<b>0.83</b>	<b>7</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	<b>61,3</b>
0.84	4	5,0	5,0	66,3
0.85	6	7,5	7,5	73,8
0.86	3	3,8	3,8	77,5
0.87	3	3,8	3,8	81,3
0.89	3	3,8	3,8	85,0
0.9	4	5,0	5,0	90,0
0.91	2	2,5	2,5	92,5
0.93	1	1,3	1,3	93,8
0.94	3	3,8	3,8	97,5
0.96	1	1,3	1,3	98,8
0.97	1	1,3	1,3	100,0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla N°35 observamos que el índice válido de la Eficiencia posttest (83%) tiene una frecuencia de 7 con porcentaje acumulado (61.3%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°36 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Eficiencia.

Estadísticos		Pretest EFICIENCIA	Postest EFICIENCIA
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Media		0.7820	0.8236
Error estándar de la media		0.00403	0.00664
Mediana		0.7800	0.8100
Moda		0.78	,79 <sup>a</sup>
Desv. Desviación		0.03605	0.05935
Varianza		0.001	0.004
Asimetría		0.437	0.461
Error estándar de asimetría		0.269	0.269
Curtosis		0.246	-0.331
Error estándar de curtosis		0.532	0.532
Rango		0.15	0.27
Mínimo		0.72	0.70
Máximo		0.87	0.97
Suma		62.56	65.89
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.			

Fuente: Elaboración Propia

Se analiza los siguientes datos:

En la tabla N°36 se observa los valores de la media, donde los datos del pretest se encuentra en 0.7820 y del posttest en 0.8236; Por consiguiente, con la aplicación del SMED en la línea trefiladora bifilar, se logró un incremento significativo en la eficiencia de máquina lo que representa el 78% antes y pasa al 82% después.

Desviación estándar con respecto a la media es 0.03605 en el pretest los datos se encuentran más agrupados y de menor variación, en el post test de 0.05935 se observa un ligero incremento en el grado de variación donde los datos están más dispersos y de mayor variabilidad, Por consiguiente, al aplicar la herramienta SMED, nos encontramos en un proceso de aprendizaje por lo que nuestra desviación estándar incremento en el posttest.

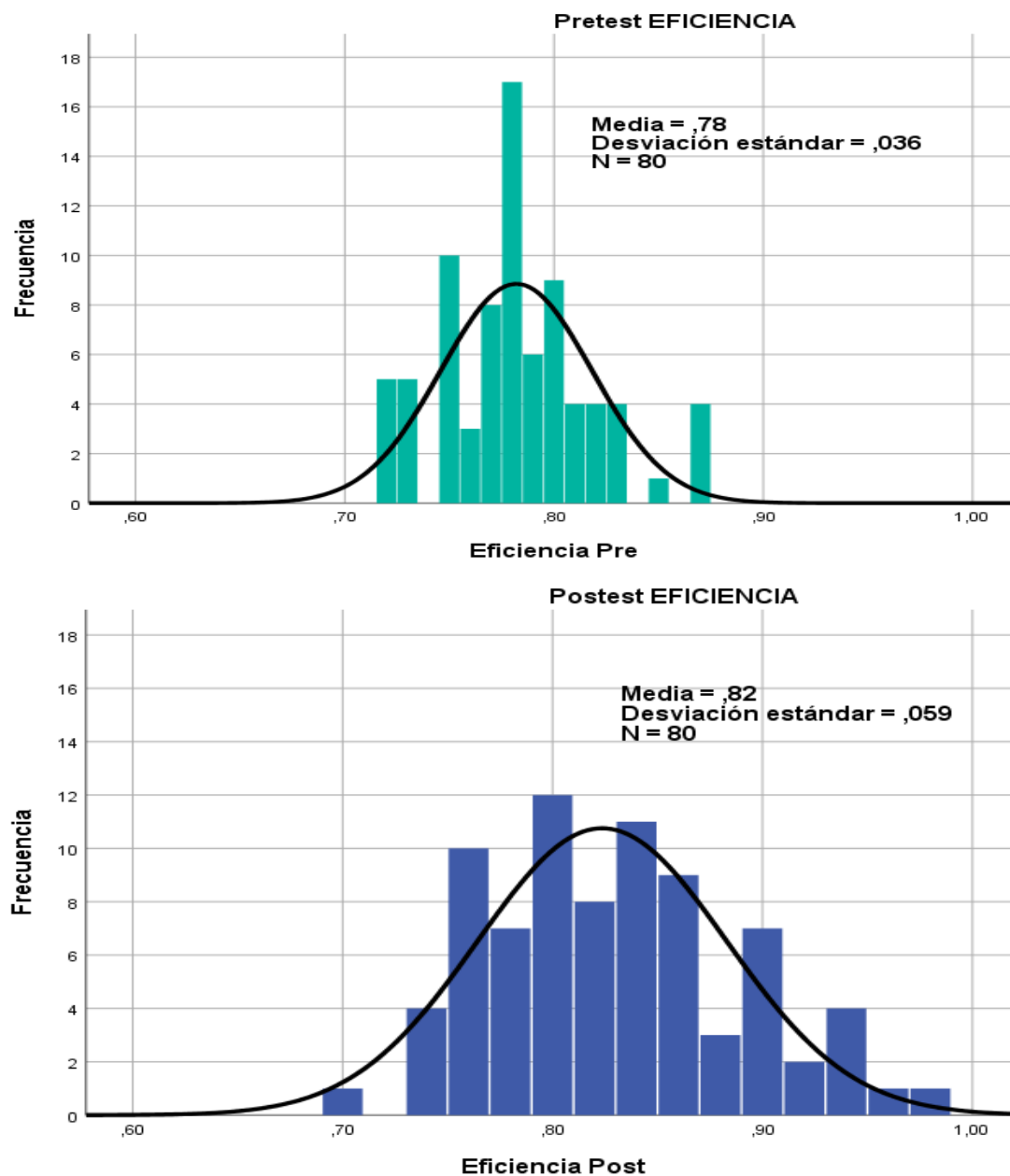
La asimetría observada en el pretest es de 0.437 y en el posttest es de 0.461, ambos nos indican que son positivas y la curva de normalidad está a la izquierda con respecto a la media, sin embargo, en el posttest la agrupación de datos más próximo a la media se encuentra ligeramente alejada a la izquierda.

Curtosis en el pretest con respecto a la media es de 0.246 considerándose una curva leptocúrtica, donde se observa una excesiva concentración de datos con



respecto a la media, y en el posttest con respecto a la media es negativo -0.331 donde nos indica que los valores en promedio se encuentran desconcentrados con respecto a la media; considerándose una curtosis platicúrtica.

*Gráfico N°20 Histogramas de eficiencia de Pretest y Posttest*



*Fuente: SPSS*

En el Gráfico N°20 de EFICIENCIA, se muestra los mayores porcentajes de pretest y está entre 0.70% y 0.80% por el cual la EFICIENCIA desempeña un 77% a 80% y los mayores porcentajes de EFICIENCIA posttest está entre 0.81 y 0.85 por el cual la EFICIENCIA esta entre 81% a 85%.

## Variables Dependiente Productividad – Dimensión Eficacia

Tabla N°37 Cuadro de Distribución de Frecuencias de Pretest de Eficacia

Pretest EFICACIA				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.78	7	8.8	8.8	8.8
<b>0.79</b>	<b>14</b>	<b>17.5</b>	<b>17.5</b>	<b>26.3</b>
0.8	11	13.8	13.8	40.0
0.81	13	16.3	16.3	56.3
0.82	10	12.5	12.5	68.8
0.83	11	13.8	13.8	82.5
0.84	7	8.8	8.8	91.3
0.85	7	8.8	8.8	100.0
Total	80	100.0	100.0	

*Fuente: Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°37 observamos que el índice válido de la Eficacia pretest (79%) tiene una frecuencia de 14 con porcentaje acumulado (26.3%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°38 Cuadro de Distribución de Frecuencias de Posttest de Eficacia

Posttest EFICACIA				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.79	8	10.0	10.0	10.0
0.8	2	2.5	2.5	12.5
0.81	5	6.3	6.3	18.8
0.82	4	5.0	5.0	23.8
0.83	5	6.3	6.3	30.0
0.84	4	5.0	5.0	35.0
0.85	7	8.8	8.8	43.8
<b>0.86</b>	<b>12</b>	<b>15.0</b>	<b>15.0</b>	<b>58.8</b>
0.87	8	10.0	10.0	68.8
0.88	4	5.0	5.0	73.8
0.89	3	3.8	3.8	77.5
0.9	6	7.5	7.5	85.0
0.91	11	13.8	13.8	98.8
0.92	1	1.3	1.3	100.0
Total	80	100.0	100.0	

*Fuente: Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°38 observamos que el índice válido de la Eficacia posttest (86%) tiene una frecuencia de 12 con porcentaje acumulado (58.8%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°39 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Eficacia

Estadísticos		Pretest EFICACIA	Postest EFICACIA
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Media		0.8126	0.8564
Error estándar de la media		0.00236	0.00430
Mediana		0.8100	0.8600
Moda		0.79	0.86
Desv. Desviación		0.02115	0.03846
Varianza		0.000	0.001
Asimetría		0.196	-0.196
Error estándar de asimetría		0.269	0.269
Curtosis		-1.037	-0.978
Error estándar de curtosis		0.532	0.532
Rango		0.07	0.13
Mínimo		0.78	0.79
Máximo		0.85	0.92
Suma		65.01	68.51
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.			

Fuente: Elaboración Propia

Se analiza los siguientes datos:

En la tabla N°39 se observa los valores de la media, donde los datos del pretest se encuentra en 0.8126 y del posttest en 0.8564; Por consiguiente, con la aplicación del SMED en la línea trefiladora bifilar, se logró un incremento significativo en la eficacia lo que representa el 81% antes y pasa al 86% después.

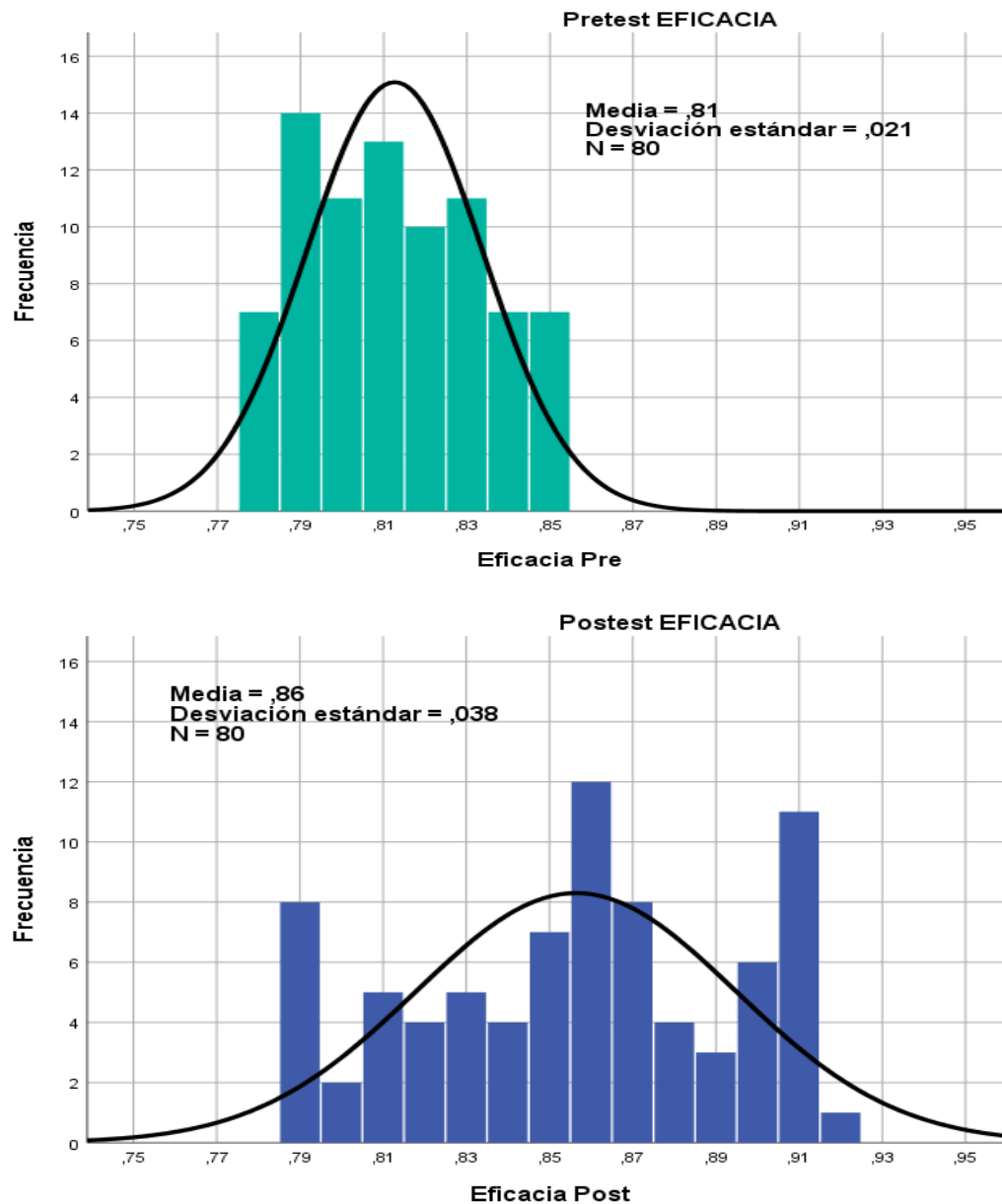
Desviación estándar con respecto a la media es 0.02115 en el pretest los datos se encuentran más agrupados y de menor variación, en el post test de 0.03846 se observa un ligero incremento, donde los datos están más dispersos y de mayor variabilidad al aplicar la metodología SMED.

La asimetría observada en el pretest es de 0.196 nos indica que es positiva y la curva de normalidad está a la izquierda con respecto a la media y la asimetría en el posttest es negativa con un valor de -0.196 y la curva de normalidad a la derecha con respecto a la media; indicando que la aplicación logro mejorar en cuando a la agrupación de datos más próximo a la media.

Curtosis en el pretest con respecto a la media es de -1.037 y en el posttest el valor es -0.978, en ambos casos son negativas y se considera una curva platicúrtica, sin

embargo, en el posttest se observa una menor desconcentración de datos con respecto a la media.

*Gráfico N°21 Histogramas de eficacia de Pretest y Posttest*



Fuente: SPSS

En el Gráfico N°21 de EFICACIA, se muestra los mayores porcentajes de pretest y está entre 0.81 y 0.83 por el cual el EFICACIA desempeña un 81% a 83% y los mayores porcentajes de EFICACIA posttest está entre 0.85 y 0.88 por el cual la EFICIENCIA esta entre 85% a 88%.

## Variable Dependiente Productividad

Tabla N°40 Distribución de Frecuencias de Pretest de Productividad

Pretest PRODUCTIVIDAD				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.57	4	5.0	5.0	5.0
0.58	2	2.5	2.5	7.5
0.59	2	2.5	2.5	10.0
0.6	9	11.3	11.3	21.3
0.61	8	10.0	10.0	31.3
0.62	7	8.8	8.8	40.0
0.63	10	12.5	12.5	52.5
<b>0.64</b>	<b>14</b>	<b>17.5</b>	<b>17.5</b>	<b>70.0</b>
0.65	6	7.5	7.5	77.5
0.66	6	7.5	7.5	85.0
0.67	2	2.5	2.5	87.5
0.68	3	3.8	3.8	91.3
0.69	1	1.3	1.3	92.5
0.7	2	2.5	2.5	95.0
0.71	1	1.3	1.3	96.3
0.72	1	1.3	1.3	97.5
0.73	1	1.3	1.3	98.8
0.74	1	1.3	1.3	100.0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: *Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°40 observamos que el índice válido de la Productividad pretest (64%) tiene una frecuencia de 14 con porcentaje acumulado (70%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°41 Distribución de Frecuencias de Posttest de Productividad

Posttest PRODUCTIVIDAD				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0.6	3	3.8	3.8	3.8
0.61	2	2.5	2.5	6.3
0.62	1	1.3	1.3	7.5
0.63	3	3.8	3.8	11.3
0.64	6	7.5	7.5	18.8
0.65	3	3.8	3.8	22.5
0.66	2	2.5	2.5	25.0
0.67	6	7.5	7.5	32.5
0.68	4	5.0	5.0	37.5
0.69	4	5.0	5.0	42.5
0.7	6	7.5	7.5	50.0
0.71	5	6.3	6.3	56.3
0.72	7	8.8	8.8	65.0
0.73	4	5.0	5.0	70.0
0.74	2	2.5	2.5	72.5
<b>0.75</b>	<b>8</b>	<b>10.0</b>	<b>10.0</b>	<b>82.5</b>
0.76	2	2.5	2.5	85.0
0.77	4	5.0	5.0	90.0
0.78	2	2.5	2.5	92.5
0.79	1	1.3	1.3	93.8
0.8	1	1.3	1.3	95.0
0.81	2	2.5	2.5	97.5
0.85	1	1.3	1.3	98.8
0.87	1	1.3	1.3	100.0
Total	80	100.0	100.0	

Fuente: *Elaboración Propia*

En la siguiente tabla N°41 observamos que el índice válido de la Eficacia posttest (75%) tiene una frecuencia de 8 con porcentaje acumulado (82.5%), siendo esto el de mayor frecuencia.

Tabla N°42 Cuadro de Estadística Descriptiva de Pretest y Postest de Productividad

Estadísticos		Pretest	Postest
		PRODUCTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD
N	Válido	80	80
	Perdidos	0	0
Media		0.6341	0.7052
Error estándar de la media		0.00404	0.00651
Mediana		0.6300	0.7050
Moda		0.64	0.75
Desv. Desviación		0.03613	0.05827
Varianza		0.001	0.003
Asimetría		0.650	0.300
Error estándar de asimetría		0.269	0.269
Curtosis		0.667	-0.067
Error estándar de curtosis		0.532	0.532
Rango		0.17	0.27
Mínimo		0.57	0.60
Máximo		0.74	0.87
Suma		50.73	56.42
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.			

Fuente: Elaboración Propia

Se analiza los siguientes datos:

Observamos que la productividad aumento al haber mejorado la eficiencia en 0.82 optimiza nuestro tiempo de producción.

En la tabla N°42 se observa los valores de la media, donde los datos del pretest se encuentran 0.6341 y el valor de la media del posttest es 0.7052; donde la productividad tuvo una mejora por la aplicación del SMED en la línea trefiladora bifilar; lo que representa el 63% antes y pasa al 70% después.

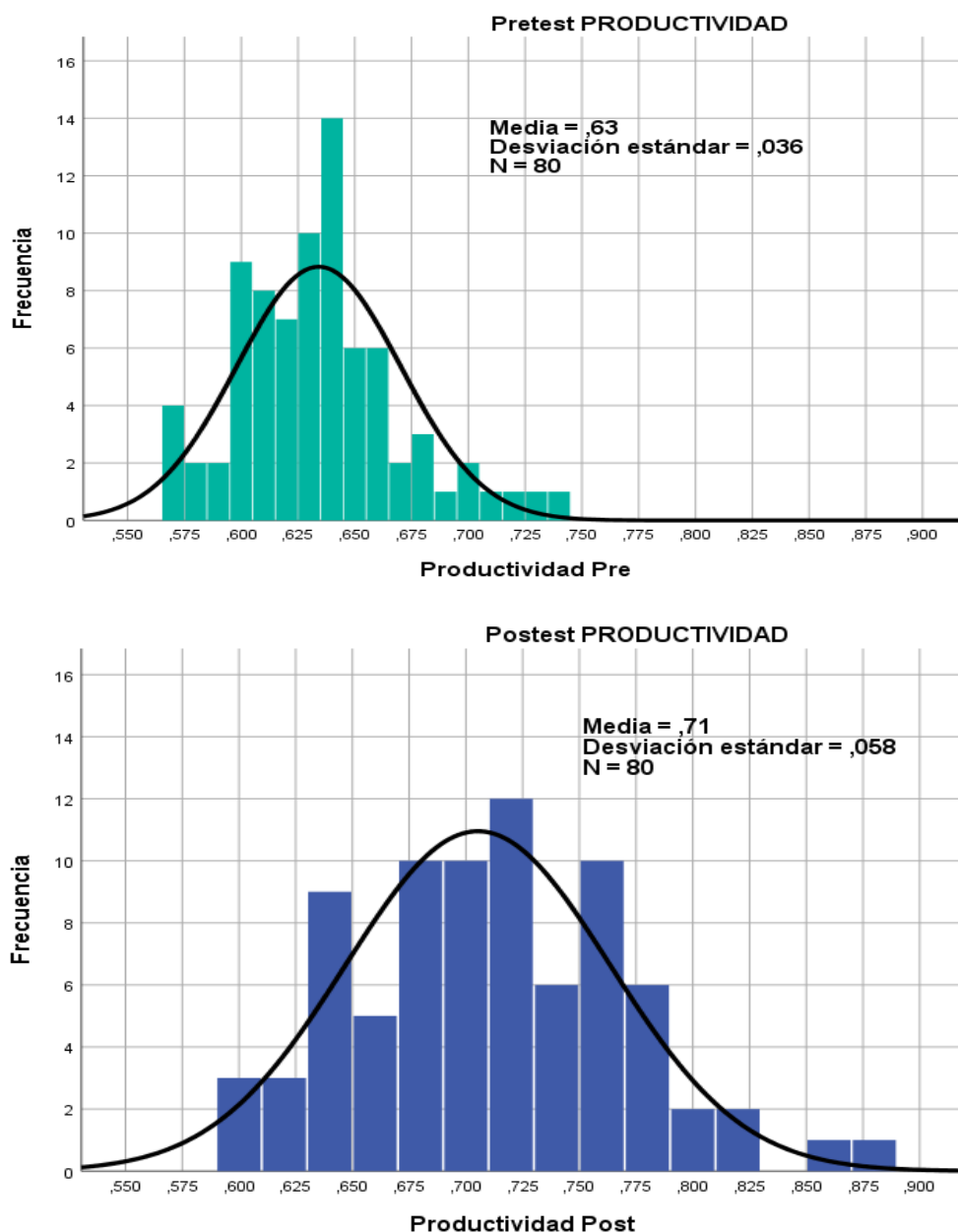
Desviación estándar con respecto a la media es 0.03613 en el pretest los datos se encuentran más agrupados y de menor variación, en el post test de 0.05827 se observa un ligero incremento al aplicar la metodología SMED donde los datos están más dispersos y de mayor variabilidad, nos encontramos en una etapa de aprendizaje y conforme se vaya mejorando el proceso se estandarizará y habrá menor desviación estándar.

La asimetría observada en el pretest es de 0.650 y en el posttest es de 0.300, ambos nos indican que son positivas y la curva de normalidad está a la izquierda con

respecto a la media, sin embargo, en el posttest es bueno siendo la agrupación de datos más próximo con respecto a la media.

Curtosis en el pretest con respecto a la media es de 0.667 considerándose una curva leptocúrtica, donde se observa una excesiva concentración de datos con respecto a la media, y en el posttest con respecto a la media es negativo -0.667 donde nos indica que los valores en promedio se encuentran desconcentrados con respecto a la media; considerándose una curtosis ligeramente mesocúrtica.

*Gráfico N°22 Histogramas de Productividad de Pretest y Posttest*



Fuente: SPSS

En el Gráfico N°22 de PRODUCTIVIDAD, se muestra los mayores porcentajes de pretest y está entre 0.60 y 0.65 por el cual el PRODUCTIVIDAD desempeña un 60% a 65% y los mayores porcentajes de PRODUCTIVIDAD posttest está entre 0.70 y 0.75 por el cual la EFICIENCIA esta entre 70% a 75%.

### Análisis inferencial:

El análisis inferencial se realiza con la finalidad de establecer la probabilidad de que una conclusión obtenida a partir de una muestra sea aplicable a la población de la cual se obtuvo, se realizan pruebas para determinar si la hipótesis general y específicas presentadas por el investigador son aceptadas.

Análisis de la hipótesis general

**Ha:** La aplicación del SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Alfa = 0.05 = 5%                      Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> muestras Mayores (>30)

Criterio para determinar Normalidad

Regla de decisión:

Si  $p \text{ valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.  
(No Normal)

Si  $p \text{ valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.  
(Normal)

Tabla N°43 Prueba de normalidad de Productividad de pretest y posttest

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest PRODUCTIVIDAD	0.135	80	0.001	0.958	80	0.011
Posttest PRODUCTIVIDAD	0.056	80	,200*	0.982	80	0.336
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración Propia



<b>NORMALIDAD PRODUCTIVIDAD – Pretest / Postest</b>			
P – VALOR ( <b>Antes</b> ) =	<b>0.001</b>	$\leq$	$\alpha = 0.05$
P – VALOR ( <b>Después</b> ) =	<b>,200*</b>	$>$	$\alpha = 0.05$
<p><b><u>Conclusión:</u></b></p> <p>Los datos de la serie tienen un Comportamiento NO paramétrico para el Pretest (Antes) y para el Postest (Después) tienen un Comportamiento paramétrico entonces según los resultados se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.</p>			

Contrastación de la hipótesis – Variable Dependiente PRODUCTIVIDAD

Ho: La aplicación del SMED no incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020

Ha: La aplicación del SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Regla de decisión:

**Ho:**  $\mu_{pa} \geq \mu_{pd}$

**Ha:**  $\mu_{pa} < \mu_{pd}$

Donde:

- $\mu_{Pa}$ : Productividad antes de aplicar la herramienta SMED
- $\mu_{Pd}$ : Productividad después de aplicar la herramienta SMED

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el estadístico del pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

- Si  $pvalor \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula
- Si  $pvalor > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla N°44 Prueba de muestras emparejadas de Productividad  
pretest y posttest

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest PRODUCTIVIDAD - Pretest PRODUCTIVIDAD	Rangos negativos	11 <sup>a</sup>	14.27	157.00
	Rangos positivos	65 <sup>b</sup>	42.08	2693.00
	Empates	5 <sup>c</sup>		
	Total	80		
a. Postest PRODUCTIVIDAD < Pretest PRODUCTIVIDAD				
b. Postest PRODUCTIVIDAD > Pretest PRODUCTIVIDAD				
c. Postest PRODUCTIVIDAD = Pretest PRODUCTIVIDAD				
Estadísticos de prueba a				
		Postest PRODUCTIVIDAD - Pretest PRODUCTIVIDAD		
Z		-6,700b		
Sig. asintótica(bilateral)		<b>0.000</b>		
a Prueba de rangos con signo de Wilcoxon				
b Se basa en rangos negativos.				

DECISIÓN ESTADÍSTICA – De PRODUCTIVIDAD			
P – VALOR =		0.000	< α= 0.05
<u>Conclusión:</u>			
De la tabla 44: Hay diferencia significativa en las medias de la productividad antes y después en “La aplicación del SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.”			
Dando como validada la hipótesis alterna (Ha).			
Y se rechaza la hipótesis Nula (Ho).			

#### Análisis de la Hipótesis específica 1

Para el análisis de la hipótesis específica 1 se presenta en siguiente estudio:

H1a: La Aplicación del SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Con el fin de realizar la contrastación de la hipótesis específica 1, en el caso de la eficiencia antes y después de la implementación, se debe determinar en primera instancia si la serie de los datos muestran un comportamiento paramétrico, por lo tanto, siendo la muestra y la población mayor a 30 datos, se procede al análisis o prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup>.

Alfa = 0.05 = 5%

Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> muestras Mayores (>30)

Regla de decisión:

Si  $p \text{ valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.  
(No Normal)

Si  $p \text{ valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.  
(Normal)

Tabla N°45 Prueba de normalidad de Eficiencia pretest y posttest

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest EFICIENCIA	0.122	80	0.005	0.956	80	0.008
Posttest EFICIENCIA	0.103	80	0.034	0.972	80	0.071
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración Propia

NORMALIDAD EFICIENCIA – Pretest / Posttest			
P – VALOR (Antes) =	0.005	>	$\alpha = 0.05$
P – VALOR (Después) =	0.034	>	$\alpha = 0.05$
<p><u>Conclusión:</u></p> <p>Los datos de la serie tienen un Comportamiento NO paramétrico para el Pretest (Antes) y para el Posttest (Después) tienen un Comportamiento NO paramétrico entonces según los resultados se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.</p>			

Contrastación de la hipótesis

Variable Dependiente Productividad Dimensión EFICIENCIA

H1o: La aplicación del SMED no incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020

H1a: La aplicación del SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Regla de decisión:

**H1o:**  $\mu_{Ea} \geq \mu_{Ed}$

**H1a:**  $\mu_{Ea} < \mu_{Ed}$

Donde:

- $\mu_{Ea}$ : Eficiencia antes de aplicar la herramienta SMED
- $\mu_{Ed}$ : Eficiencia después de aplicar la herramienta SMED

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el estadístico del pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

- Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula
- Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla N°46 Prueba de muestras emparejadas de eficiencia pretest y postest

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest EFICIENCIA - Pretest EFICIENCIA	Rangos negativos	19 <sup>a</sup>	31.74	603.00
	Rangos positivos	58 <sup>b</sup>	41.38	2400.00
	Empates	3 <sup>c</sup>		
	Total	80		
a. Postest EFICIENCIA < Pretest EFICIENCIA				
b. Postest EFICIENCIA > Pretest EFICIENCIA				
c. Postest EFICIENCIA = Pretest EFICIENCIA				
Estadísticos de prueba <sup>a</sup>				
		Postest EFICIENCIA - Pretest EFICIENCIA		
Z		-4,566 <sup>b</sup>		
Sig. asintótica(bilateral)		0.000		
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon				
b. Se basa en rangos negativos.				

DECISIÓN ESTADÍSTICA – De EFICIENCIA		
P – VALOR = 0.000		< $\alpha = 0.05$
<u>Conclusión:</u> De la tabla 46: Hay diferencia significativa en las medias de la eficiencia antes y después en “La aplicación del SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.” Dando como validada la hipótesis alterna (Ha). Y se rechaza la hipótesis Nula (Ho)		

## Análisis de la Hipótesis específica 2

Para el análisis de la hipótesis específica 2 se presenta en siguiente estudio:

H2a: La Aplicación del SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Con el fin de realizar la contrastación de la hipótesis específica 2, en el caso de la eficacia antes y después de la implementación, se debe determinar en primera instancia si la serie de los datos muestran un comportamiento paramétrico, por lo tanto, siendo la muestra y la población mayor a 30 datos, se procede al análisis o prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup>.

Alfa = 0.05 = 5%

Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> muestras Mayores (>30)

Regla de decisión:

Si  $p \text{ valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.  
(No Normal)

Si  $p \text{ valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.  
(Normal)

Tabla N°47 Prueba de normalidad de Eficacia pretest y posttest

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest EFICACIA	0.125	80	0.004	0.938	80	0.001
Posttest EFICACIA	0.100	80	0.046	0.941	80	0.001
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

<b>NORMALIDAD EFICACIA – Pretest / Posttest</b>		
P – VALOR (Antes) = 0.004	>	$\alpha = 0.05$
P – VALOR (Después) = 0.046	>	$\alpha = 0.05$
<u><b>Conclusión:</b></u>  Los datos de la serie tienen un Comportamiento NO paramétrico para el Pretest (Antes) y para el Posttest (Después) tienen un Comportamiento NO paramétrico entonces según los resultados se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.		

Contrastación de la hipótesis

Variable Dependiente Productividad Dimensión EFICACIA

**H2o:** La aplicación del SMED no incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020

**H2a:** La aplicación del SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.

Regla de decisión:

**H2o:**  $\mu_{Efa} \geq \mu_{Efd}$

**H2a:**  $\mu_{Efa} < \mu_{Efd}$

Donde:

- $\mu_{Efa}$ : Eficacia antes de aplicar la herramienta SMED
- $\mu_{Efd}$ : Eficacia después de aplicar la herramienta SMED

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante el estadístico del pvalor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas productividades.

Regla de decisión:

- Si  $pvalor \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula
- Si  $pvalor > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Tabla N°48 Prueba de muestras emparejadas de eficacia pretest y posttest

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Posttest EFICACIA - Pretest EFICACIA	Rangos negativos	13 <sup>a</sup>	15.04	195.50
	Rangos positivos	63 <sup>b</sup>	43.34	2730.50
	Empates	4 <sup>c</sup>		
	Total	80		
a. Posttest EFICACIA < Pretest EFICACIA				
b. Posttest EFICACIA > Pretest EFICACIA				
c. Posttest EFICACIA = Pretest EFICACIA				
Estadísticos de prueba <sup>a</sup>				
	Posttest EFICACIA - Pretest EFICACIA			
Z	-6,571 <sup>b</sup>			
Sig. asintótica(bilateral)	0.000			
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon				
b. Se basa en rangos negativos.				

DECISIÓN ESTADÍSTICA – De EFICACIA	
P – VALOR = 0.000	< $\alpha$ = 0.05
<u>Conclusión:</u> De la tabla 48: Hay diferencia significativa en las medias de la eficacia antes y después en: “La aplicación del SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.” Dando como validada la hipótesis alterna (Ha). Y se rechaza la hipótesis Nula (Ho)	

## V. DISCUSIÓN



Se procederá a discutir los principales hallazgos y sostener que el SMED es la herramienta para mejorar los tiempos en los cambios de formato de la línea trefiladora bifilar, con los resultados obtenidos de la recolección de datos del proyecto de investigación y continuamente los datos desarrollados para el informe de investigación en una Fábrica de cables.

1. Estos datos nos indican que con la aplicación de la metodología SMED se logró un aumento de la productividad en la línea trefiladora lo cual se consideró por las pruebas expuestas en los resultados, dando así respuesta a la hipótesis de como la aplicación SMED incrementa la productividad con la metodología aplicada , asimismo los datos indicados obtenemos un aumento significativo de la productividad, donde se logró reducir el tiempo de cambio de formato que anteriormente se encontró en 3 horas y 31 minutos y con la aplicación de la metodología se redujo a 2 horas con 51 minutos, es decir una reducción de 40 minutos. la prueba que la media de la productividad pre test (antes) de la aplicación de la propuesta del método dio como resultado 63% que es dato menor en comparación a la media post test (después) de la aplicación de la metodología SMED que fue 70%, Asi mismo se comparte el resultado expuesto por (SAYEM, y otros, 2014), En su artículo *Productivity enhancement through reduction of changeover time by implementing SMED technique - in furniture industry*. El objetivo es analizar los métodos de cambio (SMED), en la máquina dobladora de tubos de muebles. Logrando reducir los tiempos de cambios de 34.24 minutos a 11.91 minutos es decir se redujo 22.33 minutos, El resultado obtenido es la reducción del tiempo de cambio, el tiempo de ciclo del proceso, la flexibilidad mejorada y una mejora en la productividad en un 65,28%.
2. En el siguiente resultado, se observa en la tabla N°11 los datos pre test que la eficiencia antes de la aplicación SMED es de 78% y el resultado obtenido que se observa en la tabla N°21 son los datos post test registrados después de la aplicación de técnica SMED da como resultado que estos datos indican una eficiencia de 82%. Beneficiando con una mejora significativa de 6% en

donde se puede sostener que la aplicación de la metodología SMED mejora la eficiencia como la manifiesta (BENJAMIN JEBARAJ, y otros, 2013) *The Original scientific paper The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm*. El objetivo es reducir la pérdida de tiempo de paradas utilizando la herramienta SMED de forma eficiente. El principal resultado obtenido fue que se eliminan los procesos innecesarios en un 2.08 % y se demuestra la efectividad de la herramienta, concluyendo que usando la metodología SMED se logró mejorar procesos y bajar los tiempos de paradas existentes en cambios, mejorando así la eficiencia de producción en la empresa.

3. El resultado de la eficacia en la tabla N°12 son los datos pre test de la línea de trefilado antes de la aplicación SMED, se obtuvo un promedio de 81% y la eficacia en la tabla N°22 datos post test (después) se obtuvo 86% obteniendo una mejora con la metodología SMED significativa de 5 %. Por consiguiente, podemos dar respuesta lo que nos manifiesta (MALEK, y otros, 2019) *In his A case study of VSM and SMED in the food processing industry*. El objetivo es investigar como la compañía uso VSM y SMED para eliminar desperdicios y aumentar la eficacia de producción. El resultado al aplicar la metodología VSM y SMED la empresa redujo el tiempo de cambio en un 34% y aumento la capacidad de producción en la línea principal en un 11%. Esta mejora permite incrementar la producción y ser más eficaz con la aplicación de la herramienta SMED.

La aplicación de la metodología SMED permite reducir el tiempo de cambio de formato como también los costos de producción y mejora las actividades en la máquina, como se visualiza en las mejoras de los tiempos de cambio de formato en la máquina, obteniendo beneficios en mejora para la productividad. (PRODUCTIVITY LATINOAMERICA, 2013 pág. 1) El SMED ha demostrado gran utilidad en las empresas para reducir tiempos y clasificar los trabajos en las áreas, métodos de procesos, resultados y técnicas de trabajo que permite poder hacer los cambios en minutos. (BENTO DA SILVA, y otros, 2019 pág. 1).

Para poder finalizar, el uso de la metodología SMED logró obtener una mejora elocuente en la eficiencia, eficacia y un crecimiento de la productividad cumpliendo con la hipótesis del informe y así poder precisar que la herramienta mejoro los resultados y el desempeño en la práctica del colaborador en la empresa.

(RAJADELL, y otros, 2010) señalan que la metodología SMED tiene un enfoque de mejora y como tal requiere método y constancia con el propósito de generar el aumento en la productividad con eficiencia y eficacia, obteniendo resultados positivos siendo SMED un sistema viable.

## VI. CONCLUSIONES

La Aplicación de la metodología SMED mejora significativamente el proceso productivo en la Fábrica de cables, Lima 2020. La productividad se incrementó en un 7%. Posterior a realizar los respectivos análisis en la presente investigación obtenemos las siguientes conclusiones:

1. Los promedios obtenidos de la significancia de la prueba estadístico de Wilcoxon, aplicada a la productividad antes y después es de 0.000, por ello y según a la regla de decisión ( $p \text{ valor} \leq 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en definición la implementación del SMED mejora significativamente el proceso productivo en la fábrica de cables Lima 2020. En donde podemos tomar como referencia los resultados de productividad antes de 63% y la productividad después es 70%, En adicción se cumplió la meta del inicio de la investigación con un incremento del 7%.
2. Para los resultados de la significancia de la prueba estadístico de Wilcoxon, aplicada a la eficiencia antes y después es de 0.000, por esa razón y según a la regla de decisión ( $p\text{valor} \leq 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en definición la aplicación del SMED mejora significativamente la eficiencia en la fábrica de cables Lima 2020. En donde logramos definir que la eficiencia antes es de 78% y eficiencia después es 82%, que da como resultado un incremento equivalente a 4%.
3. En el indicador de la significancia de la prueba estadístico de Wilcoxon, aplicada a la eficacia antes y después es de 0.000, por lo tanto y según a la regla de decisión ( $p\text{valor} \leq 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en conclusión, la implementación del SMED mejora significativamente la eficacia en el proceso productivo en la línea trefilado bifilar en la fábrica de cables Lima 2020. Podemos definir y establecer que la eficacia antes 78% y eficacia después es 86%, que da como resultado un incremento de 8%.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Con respecto a la productividad se recomienda capacitar al personal de las otras líneas que intervienen en el proceso del producto terminado (fabricación de cables), tales como las máquinas cableadoras y extrusoras, para que puedan implementar la herramienta de mejora SMED, puesto que permitirá mejorar los procesos y operaciones e incrementar significativamente la productividad de la empresa. (Aplicar el SMED en otros procesos).
2. En referencia a la eficiencia, Es conveniente profundizar un análisis de tiempo detallado de las máquinas que participan en el desarrollo productivo, Por consiguiente, Para afinar las mejoras de la metodología SMED, sería conveniente recomendar aplicar otras herramientas del Lean como la metodología 5'S.
  - Poniendo énfasis al nuevo procedimiento de fabricación de cables se recomienda a los responsables de la línea trefiladora bifilar delegar la función para el cumplimiento y control de la herramienta SMED que se encuentra en una etapa de aprendizaje para un beneficio y mejora de tiempos.
3. Con respecto a la eficacia, Se recomienda una mejor programación de los productos para una frecuencia y continuidad del proceso en la línea trefiladora, continuamente un seguimiento y control de lo planificado para mejorar la capacidad de producción de nuestros clientes internos y externos.

## REFERENCIAS

- ALARCON. 2014. *Implementación del SMED como heramientas del Lean Manuafcturing en una Empresa del Sector Plástic*. Guayaquil : s.n., 2014.
- ANDRADE, Adrian, DEL RIO, Cesar y ALVEAR, Daissy. 2019. *A Study on Time and Motion to Increase the Efficiency of a shoe Manufacturing Company*. 2019.
- ANTOSZ y PACANA. 2018. *The Original scientific paper Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stands*. 2018.
- ANTOSZ, Katarzyna y PACANA, Andrzej. 2018. Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stands. [En línea] 2018. <https://doi.org/10.17559/TV-20160411095705>.  
<https://doi.org/10.17559/TV-20160411095705>.
- *Application of SMED methodology to internal grinding process of mechanical carbon bushing*. MELQUIADES VENTURA, Luis Enrique, y otros. 2019. Mexico : Latindex, 2019, REAXION Ciencia y Tecnología Universitaria. ISSN 2017- 7750.
- ARIAS, Fidias G. 2012. *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. 6. Caracas : Editorial Episteme, 2012. ISBN: 9800785299 - 9789800785294.
- BELOHLAVEK, Peter. 2010. *OEE: Overall Equipment Effectiveness*. [ed.] Blue Eagle Group. Bueno Aires : Blue Eagle Group, 2010. pág. 225. ISBN: 9871223412 - ISBN: 9789871223411.
- BENJAMIN JEBARAJ, Samuel, UTIYAKUMAR MURUGAIAH y SRIKAMALADEVI MARATHAMUTHU, M. 2013. *The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm*. Bradford - Inglaterra : s.n., 2013. ISSN 1741-038X.



- BENTO DA SILVA, Iris y GODINHO FILHO, Moacir. 2019. Intercambio de datos de un minuto (SMED): una revisión de la literatura de vanguardia. [En línea] 2019. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>.
- BERNAL, César. 2010. *Metodología de la investigación*. 3. ed. Colombia : Pearson Educación, 2010. pág. 259. ISBN: 9789586991285.
- CASTAÑEDA JIMÉNEZ, Juan. 2011. *Metodología de la Investigación*. Mexico : MCGRAW-HILL, 2011. pág. 213. ISBN: 9786071503268.
- CRUELLES RUIZ, José Agustin. 2012. *Productividad Industrial*. s.l. : S.A Marcombo, 2012. pág. 844. ISBN: 9788426718785.
- CUENCA, Cristina y SEGURA, Antonio. 2017. *Manual para la gestión de información*. s.l. : Editorial Universidad de Almeria, 2017. pág. 79. ISBN: 978-84-16642-83-0.
- Dialnet, Revista. 2014. *Investigación Aplicada - Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Ambato - Ecuador : s.n., 2014. págs. 47-55. Vol. III. ISSN :1390-9592.
- DÍAZ ESQUIVEL, Carlos Alberto. 2018. *Aplicación de metodología para reducir tiempos de cambios en formato de la línea de embotellado grupo bebidas refrigerantes s.a*. Lima : Universidad Privada del Norte, 2018.
- GÁMEZ ALCALÁ, Alejandro. 2015. *Situando el SMED como una herramienta de "Lean Manufacturing" para mejorar los tiempos de preparación, ajuste y cambios de herramientas*. Sonora : UNIVERSIDAD DE SONORA , 2015. Tesis Digital.
- GARCÍA TUOTO, Joniel y CALDERÓN SILVA, José. 2016. *Mejoramiento de la productividad en la empresa Castillo en base a la implementación de la metodología 5's, TPM y SMED, herramientas de Lean Manufacturing*. Huánuco : Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2016.
- GOMÉZ, Marcelo. 2006. *Introducción ala metodología de la investigación científica*. 1. Córdoba : Editorial Brujas, 2006. pág. 189. ISBN: 987-591-026-0.

- GONZÁLES VALENZUELA, Elizabeth, y otros. 2017. *Reducción de tiempos de cambio de la línea de producción maíz en el área de empaque de una empresa elaboradora de botanas en la Región Sur de Sonora-Bolivia*. Sonora : s.n., 2017. Vol. 4. ISSN: 2410-342X.
- GONZÁLES, Martín, OLIVARES, Socorro y CRUZ DEL CASTILLO, Cinthia. 2014. *Metodología de la investigación*. 1. Mexico : GRUPO EDITORIAL PATRIA, 2014. ISBN: 978-607-438-876-3.
- GUTIÉRREZ , José Arturo. *La Productividad en la industria metalmecánica*. ISSN 0121-5051.
- GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. 2010. *Calidad Total y Productividad*. 3. Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2010. pág. 369. ISBN: 978-607-15-0315-2.
- GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto y ROMÁN DE LA VARA, Salazar. 2009. *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. 2. Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A, 2009. pág. 502. ISBN: 978-970-10-6912-7.
- HERNÁNDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VÍZAN IDOPE, Antonio. 2013. *LEAN MANUFACTURING- Conceptos técnicos e implantación*. Madrid : EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL, 2013. pág. 178. ISBN: 978-84-15061-40-3.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Humberto. 2010. *Metodología de la investigación*. 5ta. Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2010. pág. 656. ISBN: 978-607-15-0291-9.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María Del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. 6 ta . Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2014. pág. 634. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

- JAMA QUEZADA, Andrea. 2018. *Implementación del SMED y su posible impacto en la productividad de la empresa Escapes Carrión en el Cantón de Machala*. Machala : Universidad Tecnica de Machala, 2018.
- LANDEAU, Rebeca. 2007. *Elaboración de trabajos de investigación*. 2. s.l. : ALFA; unknown Edición, 2007. ISBN-10 : 9803542141.
- LASCANO COCA, Jorge Rommel. 2015. *Aumento de la productividad en el proceso de cambio de formato utilizando SMED para el caso de envasado de cerveza*. Quito : Universidad de las Américas, 2015.
- LOAYZA. 2016. *La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el Perú y el mundo*. Lima : s.n., 2016.
- MALEK, Maalouf Miguel y ZADUSMISKA, Magdalena. 2019. *A case study of VSM and SMED in the food processing industry*. [ed.] Universidad Tecnológica de Poznań. Poznań - Polonia : CEON Biblioteka Nauki, 2019. Vol. 10. ISSN 2080-8208.
- MEJÍA DÍAZ, Belcer, LÓPEZ PADILLA, Rosario Del Pilar y RODRIGUÉZ ALEGRE, Lino. 2018. *Estudio del trabajo para mejorar la productividad de una empresa que brinda servicios a operadores de telefonía celular*. La Serena Chile : s.n., 2018.
- MULLER, Jesica. 2015. *SMED aplicado a matrices de conformado en frío en una autopartista*. Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba, 2015.
- Namuche, Victo y Zare, Richard. 2016. *Aplicación del Lean Manufacturing para aumentar la productividad*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
- PRODUCTIVITY LATINOAMERICA. 2013. Disminución de tiempos de cambios aplicando SMED. [En línea] 2013.
- PROKOPENKO. 1989. *Productividad*. 1989.
- RAJADELL, Manuel y SÁNCHEZ, José Luis. 2010. *Lean Manufacturing - La evidencia de una necesidad*. 1. Madrid : Ediciones Díaz de Santos, 2010.

pág. 272. ISBN: 978-84-7978-967-1 (Versión papel) - ISBN: 978-84-7978-515-4 (Versión electrónica).

- Revista Reacción. 2019. *Aplicación del SMED al proceso de rectificado interior de buje de carbón mecánico*. 2019.
- REY SACRISTÁN, Francisco. 2012. *Reducción de los tiempos de cambio de utillaje en la producción*. Valladolid : s.n., 2012. pág. 7.
- RUSHUKESH, Gavali, SHRIKANT, Chavan y GANES G, Dongre. 2016. *Set-up Time Reduction of a Manufacturing Line using SMED*. India : Vellore: R.K. Publication, 2016. Vol. 3. ISSN: 2395 -0056 ISSN: 2395-0072.
- SÁENZ LÓPEZ , Karla Annet, y otros. 2012. *Metodología para la investigación de Alto Impacto en las Ciencias Sociales y Jurídicas*. Madrid : DIKYSON S.L, 2012. ISBN 978-84-9031-964-2.
- SÁENZ MEJÍA, Katia, SÁNCHEZ CARLESSI, Hugo y REYES ROMERO, Carlos. 2018. *Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística*. 1. Lima : Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-07914, 2018. ISBN: 978-612-47351-4-1.
- SAMPERIO MORLOTE, Norma y SANTAMARÍA, Rodrigo. 2004. *Metodología de la investigación*. 1. Mexico : MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2004. pág. 193. ISBN: 970-10-4611-0.
- SAYEM, Ahmed, ANISUL, Islam y KHAN. 2014. *Productivity enhancement through reduction of changeover time by implementing SMED technique - in furniture industry*. Shahjalal - Banglandés : s.n., 2014. ISSN: 1748-5045.
- SHINGO, Shigeo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The Smed System*. Productivity Press. España : s.n., 1985. pág. 371. ISBN: 978-0915299034.
- SHINGO, Shingeo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. s.l. : Taylor y Francis Group, 1985. ISBN 9780915299034.
- SURESH, Kumar y SYATH, Abuthakeer. 2012. [En línea] 2012.

- TAMAYO. 2003. *El proceso de la investigación científica*. 5. Mexico : EDITORIAL LIMUSA S.A., 2003. ISBN: 968-18-5872-7.
- *The Original scientific paper the use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. Journal of manufacturing technology management*. BENJAMIN, Samuel Jebaraj.
- VALDERRAMA. 2013. *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación*. Lima : San Marcos, 2013. pág. 495. ISBN: 9786123028787.
- VALDERRAMA, Santiago y LÉON, Lucy. 2015. *Técnicas e instrumentos para la obtención de datos en la investigación científica*. 1. Lima : Editorial San Marcos, 2015. pág. 169. ISBN: 9972386961.
- VARGAS CORDERO, Zoila Rosa. 2009. LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA. [En línea] 2009. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>. ISSN: 0379-7082.
- VIZCONDE REYES , Marco Antonio. 2017. *Aplicación de la herramienta SMED para mejorar la productividad en el área de maestría de Industria Metalmecánica Montes S.A.C., Puente Piedra, Lima 2017*. Lima : Universidad César Vallejo, 2017.

## ANEXOS

*Matriz de Operacionalización de variables.*

Aplicación del SMED para incrementar la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente	Según Hernández J, y Vizan A. (2013), El SMED por sus siglas en inglés, "Es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de maquina" (p.42)	Es un conjunto de técnicas perteneciente del Lean Manufacturing, que permiten reducir tiempos de máquina parada, identificar las Op. Internas (OI) y Op. Externas (OE), relacionando los indicadores con el tiempo de cambio de producto y la disponibilidad de la máquina.	Tiempo de Cambio de operación	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	RAZÓN
SMED			Disponibilidad de la máquina	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	
Dependiente	Gutiérrez Pulido, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).	La productividad es aquella que permite aumentar rentabilidad en base a eficiencia y eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables , Lima 2020.	Eficiencia	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	RAZÓN
Productividad			Eficacia	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	

*Fuente: Elaboración Propia*

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
El problema general está definido ¿Cómo la aplicación del SMED incrementará la productividad en la línea trefiladora bifilar.	El objetivo general está definido en, determinar como la aplicación SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.	La hipótesis general formula que la aplicación del SMED incrementa la productividad en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020	Variable independiente SMED  VARIABLE dependiente PRODUCTIVIDAD	Tipo Aplicativo se basa a teorías y la investigación de la metodología SMED que directamente se usara en aumento de la Productividad en la línea trefiladora bifilar.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	DIMENSIONES DE VARIABLES	Enfoque Cuantitativo  Nivel Explicativo
¿Cómo la aplicación del SMED incrementará la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020?; El problema específico 2 ¿Cómo la aplicación del SMED incrementará la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020?	El objetivo específico 1, determinar como la aplicación SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.  El objetivo específico 2, determinar como la aplicación SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.	La hipótesis específica 1, La aplicación del SMED incrementa la eficiencia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.  La hipótesis específico 2, La aplicación del SMED incrementa la eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.	Dimensión del SMED  Tiempo de cambio de operación  Disponibilidad de máquina  Dimensión de productividad  Eficiencia  Eficacia	Diseño Pre Experimental  Estudio en análisis documental del Pre Test para extraer información cuantitativa del SAP



## Anexo IV

**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A  
TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Jaime Enrique Molina Vélchez

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EAP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título de Ingeniero Industrial.

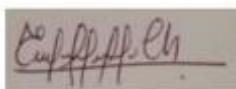
El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Aplicación del SMED para incrementar la productividad en la línea Trefiladora bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de Operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Ucharico Guevara, Estela Isabel

D.N.I: 70919565



Firma

Zevallos Nishimura, Miguel Antonio

D.N.I: 07630710

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLE Y LAS DIMENSIONES

### **Variable Independiente: SMED**

Según Müller J. (2013) Shigeo Shingo en su libro "A Revolution in Manufacturing: The SMED System" cuenta que la metodología SMED surgió en un estudio de análisis de eficiencia en la "planta Toyo Kogyo's Mazda" en 1950, para reducir tiempo en cambio de preparación provocadas por las prensas de moldeados en carrocerías, incrementando en un 50% la eficiencia desapareciendo así el cuello de botella. Por sus siglas en inglés SMED "Single minute Exchange of Die" que en castellano podría ser traducido "Un solo minuto para cambio de utillajes".

### **Dimensiones de la variable Independiente: SMED**

#### **Dimensión 1 Tiempo de Cambio**

Rajadell M, & Sánchez L (2010) El tiempo de cambio es el tiempo que se demora en efectuar el cambio de elaboración de un producto A otro producto B (que cumpla las especificaciones de fabricación).

#### **Dimensión 2 Disponibilidad de máquina**

Según Cruelles, 2012 "Define disponibilidad de la máquina como el tiempo de funcionamiento de la máquina o equipo con relación al tiempo planificado en el que estuviese en funcionamiento" (p.34).

### **Variable Dependiente: Productividad**

Según Gutiérrez, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).

### **Dimensiones de la variable Dependiente: Productividad**

#### **Dimensión 1 Eficiencia**

Gutiérrez Pulido H, & Román de la Vara Salazar (2009), la eficiencia es "La relación entre los resultados logrados y lo recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de material, retrasos, etc." (p.7).

#### **Dimensión 2 Eficacia**

Gutiérrez Pulido H, & Román de la Vara Salazar (2009), la eficacia es "el grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados previos son logrados; se entiende maximizando resultados" (p.8).

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION					
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Independiente	Según Hernández J, y Vizán A. (2013), El SMED por sus siglas en inglés, "Es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de maquina" (p.42)	Es un conjunto de técnicas perteneciente del Lean Manufacturing, que permiten reducir tiempos de máquina parada, identificar las Op. Internas (OI) y Op. Externas (OE), relacionando los indicadores con el tiempo de cambio de producto y la disponibilidad de la máquina.	Tiempo de Cambio de operación	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	RAZÓN
SMED			Disponibilidad de la máquina	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	
Dependiente	Gutiérrez Pulido, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).	La productividad es aquella que permite aumentar rentabilidad en base a eficiencia y eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.	Eficiencia	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	RAZÓN
Productividad			Eficacia	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	



Fuente: Elaboración propia (2020)

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

N°	VARIABLES / DIMENSIONES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: SMED</b>							
	<b>Dimensión 1: TIEMPO DE CAMBIO</b>							
	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: DISPONIBILIDAD DE MAQUINA</b>							
	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD</b>							
	<b>Dimensión 1: EFICIENCIA</b>							
	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: EFICACIA</b>							
	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	X		X		X		



Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [ X ]      Aplicable después de corregir [   ]      No aplicable [   ]

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Molina Vilchez, Jaime Enrique      DNI: 06019540

Especialidad del validador: Ingeniero industrial CIP 100497

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 07 de junio del 2020



\_\_\_\_\_  
Firma del Experto Informante.

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr/ Mg: Malpartida Gutiérrez Jorge Nelson

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EAP de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título de Ingeniero Industrial.

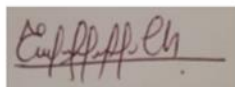
El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Aplicación del SMED para incrementar la productividad en la línea Trefiladora bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de Operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

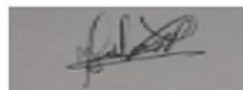
Atentamente.



Firma

Ucharico Guevara, Estela Isabel

D.N.I: 70919565



Firma

Zevallos Nishimura, Miguel Antonio

D.N.I: 07630710



## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLE Y LAS DIMENSIONES

### **Variable Independiente: SMED**

Según Müller J. (2013) Shigeo Shingo en su libro "A Revolution in Manufacturing: The SMED System" cuenta que la metodología SMED surgió en un estudio de análisis de eficiencia en la "planta Toyo Kogyo's Mazda" en 1950, para reducir tiempo en cambio de preparación provocadas por las prensas de moldeados en carrocerías, incrementando en un 50% la eficiencia desapareciendo así el cuello de botella. Por sus siglas en inglés SMED "Single minute Exchange of Die" que en castellano podría ser traducido "Un solo minuto para cambio de utillajes".

### **Dimensiones de la variable Independiente: SMED**

#### **Dimensión 1 Tiempo de Cambio**

Rajadell M, & Sánchez L (2010) El tiempo de cambio es el tiempo que se demora en efectuar el cambio de elaboración de un producto A otro producto B (que cumpla las especificaciones de fabricación).

#### **Dimensión 2 Disponibilidad de máquina**

Según Cruelles, 2012 "Define disponibilidad de la máquina como el tiempo de funcionamiento de la máquina o equipo con relación al tiempo planificado en el que estuviese en funcionamiento" (p.34).

### **Variable Dependiente: Productividad**

Según Gutiérrez, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).

### **Dimensiones de la variable Dependiente: Productividad**

#### **Dimensión 1 Eficiencia**

Gutiérrez Pulido H, & Román de la Vara Salazar (2009), la eficiencia es "La relación entre los resultados logrados y lo recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de material, retrasos, etc." (p.7).

#### **Dimensión 2 Eficacia**

Gutiérrez Pulido H, & Román de la Vara Salazar (2009), la eficacia es "el grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados previos son logrados; se entiende maximizando resultados" (p.8).

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**


<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACION</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA</b>
Independiente	Según Hernández J, y Vizán A. (2013), El SMED por sus siglas en inglés, "Es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de maquina" (p.42)	Es un conjunto de técnicas perteneciente del Lean Manufacturing, que permiten reducir tiempos de máquina parada, identificar las Op. Internas (OI) y Op. Externas (OE), relacionando los indicadores con el tiempo de cambio de producto y la disponibilidad de la máquina.	Tiempo de Cambio de operación	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	<b>RAZÓN</b>
SMED			Disponibilidad de la máquina	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	
Dependiente	Gutiérrez Pulido, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).	La productividad es aquella que permite aumentar rentabilidad en base a eficiencia y eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.	Eficiencia	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	<b>RAZÓN</b>
Productividad			Eficacia	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	

Fuente: Elaboración propia (2020)

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

N°	VARIABLES / DIMENSIONES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: SMED</b>							
	<b>Dimensión 1: TIEMPO DE CAMBIO</b>							
	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: DISPONIBILIDAD DE MAQUINA</b>							
	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>DM</p> <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD</b>							
	<b>Dimensión 1: EFICIENCIA</b>							
	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: EFICACIA</b>							
	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	X		X		X		



Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ X ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Malpartida Gutiérrez Jorge Nelson    DNI: 10400346

Especialidad del validador: ...INGENIERO INDUSTRIAL.....

05 de Junio del 2020

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es  
----- conciso, exacto y directo



Firma del Experto Informante.

**Nota** son suficientes para medir la dimensión : Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. Mg: Rodríguez Alegre Lino

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante del programa de EAP de ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título de Ingeniero Industrial.

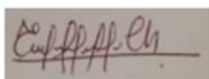
El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **"Aplicación del SMED para incrementar la productividad en la línea Trefiladora bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020"** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de Operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma

Ucharico Guevara, Estela Isabel

D.N.I: 70919565



Firma

Zevallos Nishimura, Miguel Antonio

D.N.I: 07630710



## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLE Y LAS DIMENSIONES

### **Variable Independiente: SMED**

Según Müller J. (2013) Shigeo Shingo en su libro "A Revolution in Manufacturing: The SMED System" cuenta que la metodología SMED surgió en un estudio de análisis de eficiencia en la "planta Toyo Kogyo's Mazda" en 1950, para reducir tiempo en cambio de preparación provocadas por las prensas de moldeados en carrocerías, incrementando en un 50% la eficiencia desapareciendo así el cuello de botella. Por sus siglas en inglés SMED "Single minute Exchange of Die" que en castellano podría ser traducido "Un solo minuto para cambio de utillajes".

### **Dimensiones de la variable Independiente: SMED**

#### **Dimensión 1 Tiempo de Cambio**

Rajadell M, & Sánchez L (2010) El tiempo de cambio es el tiempo que se demora en efectuar el cambio de elaboración de un producto A otro producto B (que cumpla las especificaciones de fabricación).

#### **Dimensión 2 Disponibilidad de máquina**

Según Cruelles, 2012 "Define disponibilidad de la máquina como el tiempo de funcionamiento de la máquina o equipo con relación al tiempo planificado en el que estuviese en funcionamiento" (p.34).

### **Variable Dependiente: Productividad**

Según Gutiérrez, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).

### **Dimensiones de la variable Dependiente: Productividad**

#### **Dimensión 1 Eficiencia**

Gutiérrez Pulido H, & Román de la Vara Salazar (2009), la eficiencia es "La relación entre los resultados logrados y lo recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de material, retrasos, etc." (p.7).

#### **Dimensión 2 Eficacia**

Gutiérrez Pulido H, & Román de la Vara Salazar (2009), la eficacia es "el grado con el cual las actividades planeadas son realizadas y los resultados previos son logrados; se entiende maximizando resultados" (p.8).

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA</b>
Independiente	Según Hernández J, y Vizán A. (2013), El SMED por sus siglas en inglés, "Es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de maquina" (p.42)	Es un conjunto de técnicas perteneciente del Lean Manufacturing, que permiten reducir tiempos de máquina parada, identificar las Op. Internas (OI) y Op. Externas (OE), relacionando los indicadores con el tiempo de cambio de producto y la disponibilidad de la máquina.	Tiempo de Cambio de operación	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	RAZÓN
SMED			Disponibilidad de la máquina	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	
Dependiente	Gutiérrez Pulido, H. (2010), "Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos" (p.21).	La productividad es aquella que permite aumentar rentabilidad en base a eficiencia y eficacia en la línea Trefiladora Bifilar en una Fábrica de cables, Lima 2020.	Eficiencia	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	RAZÓN
Productividad			Eficacia	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	

Fuente: Elaboración propia (2020)

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

N°	VARIABLES / DIMENSIONES	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: SMED</b>							
	<b>Dimensión 1: TIEMPO DE CAMBIO</b>							
	$TPC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>Donde: TPC = Tiempo de paro por cambio</p>	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA</b>							
	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100\%$ <p>DM</p> <p>Donde: DM = Disponibilidad de la máquina</p>	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD</b>							
	<b>Dimensión 1: EFICIENCIA</b>							
	$\left( \frac{\text{Tiempo real producido}}{\text{Tiempo real programado}} \right) \times 100\%$	X		X		X		
	<b>Dimensión 2: EFICACIA</b>							
	$\left( \frac{\text{Cantidad real producida}}{\text{Cantidad real programada}} \right) \times 100\%$	X		X		X		



**Observaciones (precisar si hay suficiencia):**    **Es pertinente**

**Opinión de aplicabilidad:**    **Aplicable [ x ]**        **Aplicable después de corregir [ ]**        **No aplicable [ ]**

**Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Ing. Lino Rodríguez Alegre**        **DNI: 06535058**

**Especialidad del validador: Ing. Pesquero Tecnólogo Mag. Administración**

**06 de junio del 2020**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El indicador corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El indicador es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del indicador, es conciso, exacto y directo.

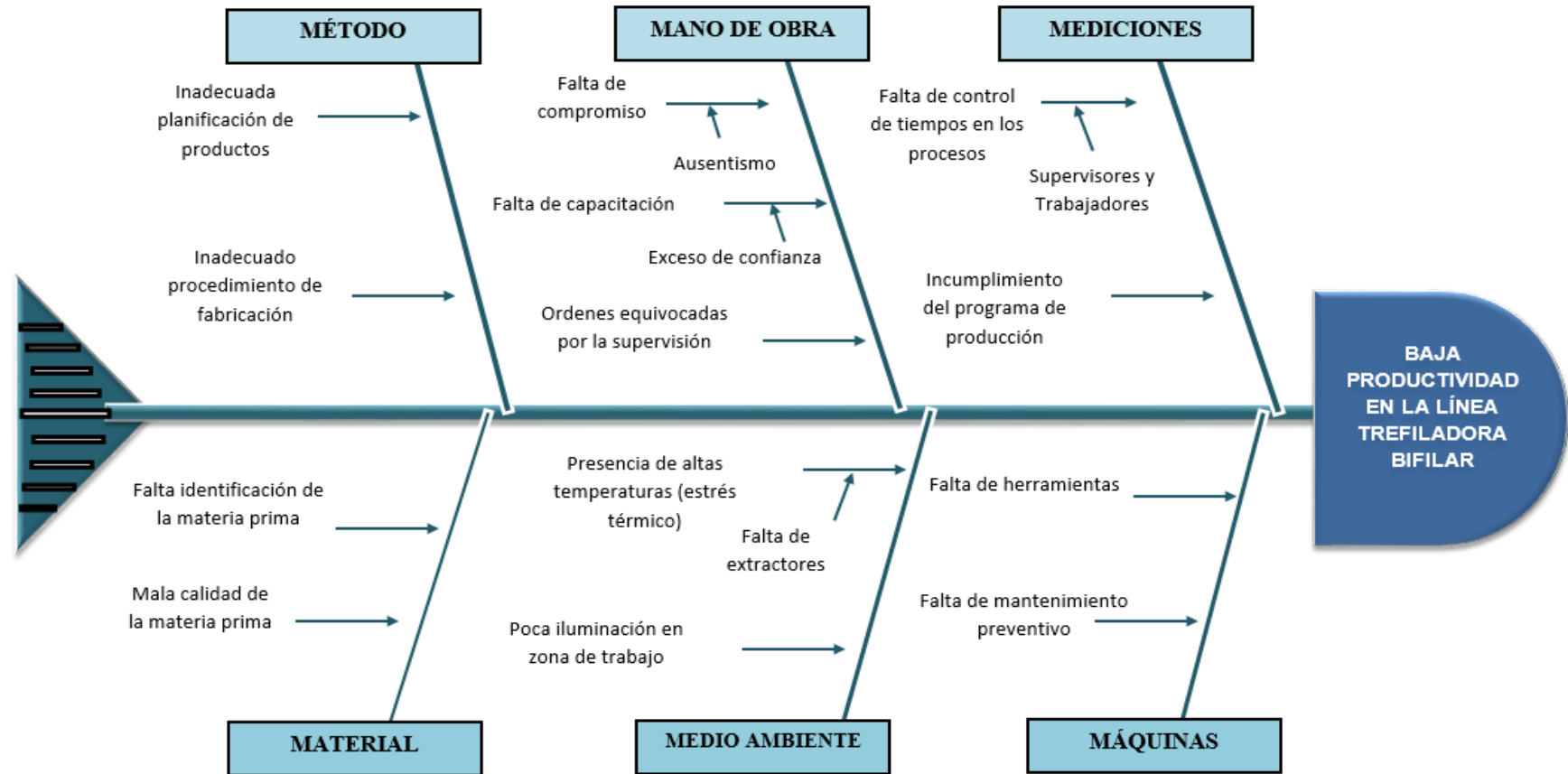
**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los indicadores planteados son suficientes para medir la dimensión.



**Ing Lino Rodriguez A**  
**CIP 25095**

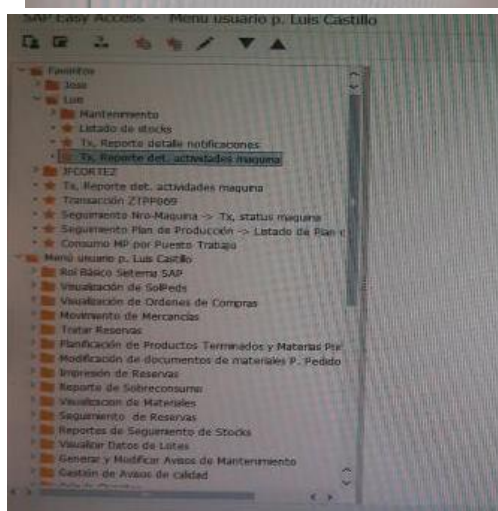
## Anexo V

## DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Fuente: Elaboración propia

## Figura del Sistema SAP

[illegible]

Parámetros de Selección			
Centro	2500	a	
Orden		a	
Puesto de trabajo	110106	a	
Fecha	01.08.2019	a	30.08.2019
Turno		a	

Warehouse	
<input type="checkbox"/> Actualizar Data Warehouse	
Nombre vía de acceso a fichero	/TIBCO/
<input checked="" type="radio"/> Actualiza Calidad <input type="radio"/> Actualiza Productivo	

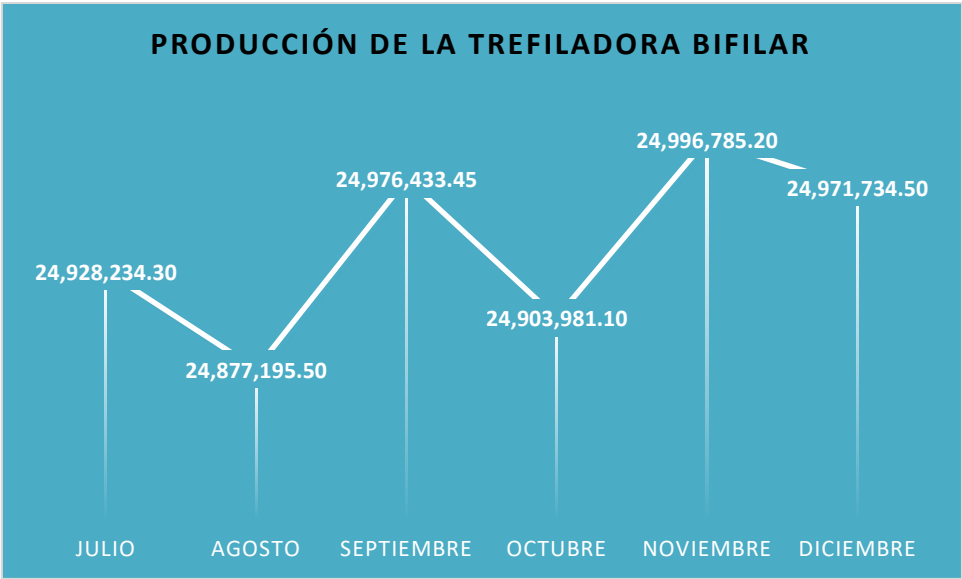
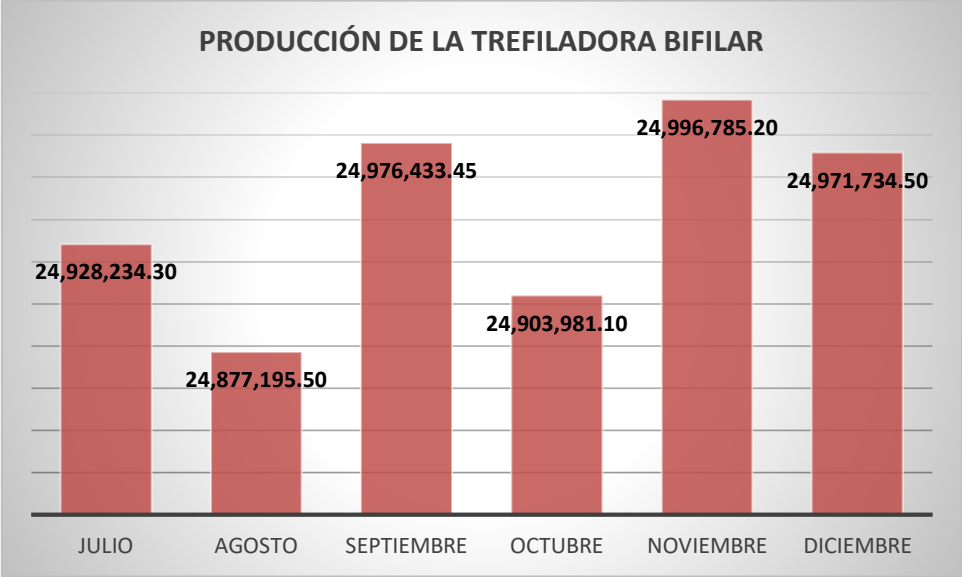
  

Parámetros de Visualización	
Layout	/MIGUEL

### Actividades Maquina

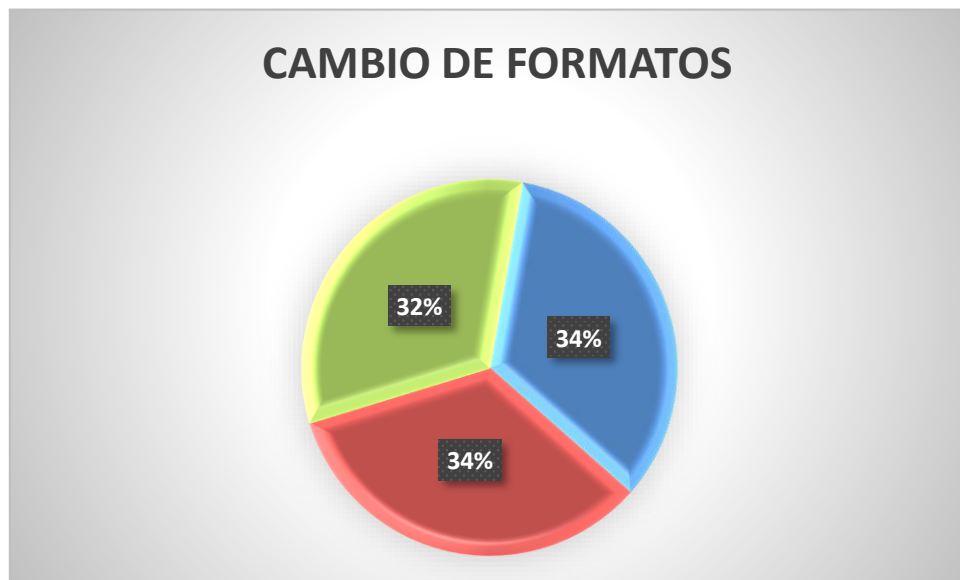
Rango: Del 01.08.2019 al 30.08.2019  
Fecha: 15.06.2020  
Hora: 18:58:24

El análisis del SAP podemos ver la producción de la trefiladora bifilar de los meses julio, agosto, setiembre, noviembre y diciembre del 2019, donde tomamos nuestra población para nuestro proyecto.



Fuente: Elaboración propia

*FIGURA DE CAMBIO DE FORMATOS*



*Fuente: Elaboración propia*

	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	CAMBIOS
Julio	307.40	27
Agosto	308.10	27
Setiembre	320.14	26

*Fuente: Elaboración propia*

En la figura podemos observar los cambios de formatos de la trefiladora bifilar, que fueron analizados por un periodo de 80 días en los meses de octubre, noviembre y diciembre en un turno de ocho horas de trabajo.

DATA PRETEST																			
Nº	Fecha	Semana	Mes	Producto	Tiempo Disponible	Tiempo consumido por cambio	Refri. + Seg.	TPC	Tiempo para Mantenimiento Correctivo	Tiempo Operativo	Tiempo real disponible	DM	Tiempo Programado	Tiempo real producido	EFICIENCIA	Cantidad Programada	Cantidad Producida	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1	1/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:50:00	0:50:00	94%	3:05:00	13:59:00	10:54:00	78%	10:59:00	13:59:00	79%	41,264.35	33,548.26	81%	64%
2	1/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:58:36	0:50:00	99%	1:02:24	8:00:00	6:57:36	87%	6:59:00	8:00:00	87%	25,044.71	20,035.76	80%	70%
3	3/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:46:48	0:50:00	93%	3:04:12	16:00:00	12:55:48	81%	12:59:00	16:00:00	81%	49,274.00	39,419.20	80%	65%
4	3/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:38:45	0:50:00	97%	1:31:15	11:00:00	9:28:45	86%	9:00:00	11:00:00	82%	26,152.16	20,592.25	79%	64%
5	5/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:40:15	0:50:00	98%	13:01:45	54:17:00	41:15:15	76%	41:00:00	54:17:00	76%	124,583.11	102,961.25	83%	62%
6	8/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:42:00	0:50:00	99%	2:29:00	13:59:00	11:30:00	82%	10:59:00	13:59:00	79%	29,991.73	25,416.72	85%	67%
7	8/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:55:48	0:50:00	98%	0:55:12	8:00:00	7:04:48	89%	6:59:00	8:00:00	87%	23,288.08	19,569.82	84%	73%
8	9/07/2019	27	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:55:00	0:50:00	97%	3:05:00	13:00:00	9:55:00	76%	10:00:00	13:00:00	77%	38,148.09	32,057.22	84%	65%
9	9/07/2019	28	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:40:45	0:50:00	98%	1:49:15	9:00:00	7:10:45	80%	7:00:00	9:00:00	78%	20,262.77	16,473.80	81%	63%
10	10/07/2019	28	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:41:15	0:50:00	98%	2:52:45	11:59:00	9:06:15	76%	9:00:00	11:59:00	75%	26,475.75	21,180.60	80%	60%
11	10/07/2019	28	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:49:24	0:50:00	94%	1:56:00	11:59:00	10:03:00	84%	9:00:00	11:59:00	75%	34,501.59	28,050.07	81%	61%
12	11/07/2019	28	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:54:48	0:50:00	97%	3:44:12	15:59:00	12:14:48	77%	12:00:00	15:59:00	75%	47,839.81	38,580.49	81%	61%
13	12/07/2019	28	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:55:48	0:50:00	98%	1:54:12	10:59:00	9:04:48	83%	8:59:00	10:59:00	82%	33,138.22	26,093.09	79%	64%
14	13/07/2019	28	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:36:30	0:50:00	96%	1:33:30	9:00:00	7:26:30	83%	7:00:00	9:00:00	78%	20,921.73	16,473.80	79%	61%
15	15/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:35:45	0:50:00	96%	3:48:15	14:59:00	11:10:45	75%	11:00:00	14:59:00	73%	34,265.50	26,769.93	78%	57%
16	16/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:48:36	0:50:00	94%	2:01:24	8:59:00	6:57:36	77%	6:59:00	8:59:00	78%	26,037.17	20,501.71	79%	61%
17	16/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:29:15	0:50:00	93%	1:34:45	6:59:00	5:24:15	77%	5:00:00	6:59:00	72%	15,197.08	12,355.35	81%	58%
18	17/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:48:36	0:50:00	94%	3:00:24	13:59:00	10:58:36	78%	11:00:00	13:59:00	79%	40,928.87	33,548.26	82%	64%
19	18/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:35:45	0:50:00	96%	9:48:15	44:59:00	35:10:45	78%	35:00:00	44:59:00	78%	106,750.22	84,722.40	79%	62%
20	18/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:58:00	0:50:00	99%	2:55:00	13:59:00	11:04:00	79%	11:00:00	13:59:00	79%	40,593.39	33,548.26	83%	65%
21	20/07/2019	29	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:38:00	0:50:00	97%	1:46:00	6:59:00	5:13:00	75%	5:00:00	6:59:00	72%	15,320.63	12,355.35	81%	58%
22	22/07/2019	30	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:45:00	0:50:00	92%	4:04:00	16:59:00	12:55:00	76%	13:00:00	16:59:00	77%	48,794.07	41,003.42	84%	64%
23	23/07/2019	30	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:41:15	0:50:00	98%	3:53:45	15:59:00	12:05:15	76%	11:59:00	15:59:00	75%	36,036.44	28,829.15	80%	60%
24	24/07/2019	30	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:37:00	0:50:00	96%	2:38:00	14:00:00	11:22:00	81%	11:00:00	14:00:00	79%	32,300.42	26,475.75	82%	64%
25	31/07/2019	31	Julio	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:57:36	0:50:00	99%	4:45:24	17:59:00	13:07:36	73%	13:00:00	17:59:00	73%	51,869.33	42,867.22	83%	60%
26	31/07/2019	31	Julio	CB/N2X2Y(20L) 15 kV 350 kcmil N	2:15:00	2:12:48	0:50:00	98%	2:12:12	8:59:00	6:46:48	75%	6:59:00	8:59:00	78%	25,599.51	20,983.20	82%	64%
27	1/08/2019	31	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:56:48	0:50:00	98%	2:02:12	8:59:00	6:56:48	77%	7:00:00	8:59:00	78%	24,741.84	20,967.66	85%	66%
28	2/08/2019	31	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:43:30	0:50:00	99%	5:51:30	26:00:00	20:08:30	77%	20:00:00	26:00:00	77%	62,765.18	49,421.40	79%	61%
29	3/08/2019	31	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:40:15	0:50:00	98%	3:44:45	16:00:00	12:15:15	77%	12:00:00	16:00:00	75%	37,659.11	29,652.84	79%	59%
30	3/08/2019	31	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:53:00	0:50:00	96%	2:48:00	14:00:00	11:12:00	80%	14:00:00	14:00:00	78%	42,524.28	34,293.77	81%	63%
31	3/08/2019	31	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:57:36	0:50:00	99%	0:53:24	7:00:00	6:06:36	87%	6:59:00	7:00:00	85%	21,605.08	17,146.89	79%	68%
32	5/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:55:48	0:50:00	98%	0:55:12	8:00:00	7:04:48	89%	6:59:00	8:00:00	87%	23,752.17	20,128.95	85%	74%
33	7/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:58:00	0:50:00	99%	1:47:00	9:00:00	7:11:00	80%	7:00:00	9:00:00	78%	26,792.01	21,433.61	80%	62%
34	8/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:41:15	0:50:00	98%	3:52:45	17:59:00	14:06:15	78%	14:00:00	17:59:00	78%	40,855.02	32,947.60	81%	63%
35	8/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:59:12	0:50:00	100%	1:48:48	8:00:00	6:11:12	77%	6:00:00	8:00:00	75%	23,399.91	18,870.89	81%	60%
36	9/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:39:15	0:50:00	97%	4:36:45	26:00:00	21:23:15	82%	20:59:00	26:00:00	81%	62,765.18	49,421.40	79%	64%
37	9/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:55:24	0:50:00	97%	2:50:36	15:59:00	13:08:24	82%	12:59:00	15:59:00	81%	49,621.60	38,766.87	78%	63%
38	11/08/2019	32	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:46:48	0:50:00	93%	2:53:12	12:00:00	9:06:48	76%	9:10:00	12:00:00	76%	38,170.46	29,820.67	78%	60%
39	13/08/2019	33	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:54:48	0:50:00	97%	2:46:12	17:00:00	14:13:48	84%	13:59:00	17:00:00	82%	51,999.80	41,935.32	81%	66%
40	15/08/2019	33	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:54:48	0:50:00	97%	2:45:12	13:59:00	11:13:48	80%	10:59:00	13:59:00	79%	42,606.29	33,548.26	79%	62%
41	15/08/2019	33	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:57:36	0:50:00	99%	1:52:24	8:59:00	7:06:36	79%	6:59:00	8:59:00	78%	24,951.52	20,967.66	84%	65%
42	16/08/2019	33	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:56:48	0:50:00	98%	2:03:12	10:00:00	7:56:48	79%	7:00:00	10:00:00	80%	32,006.33	25,161.19	78%	60%
43	19/08/2019	34	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:43:30	0:50:00	99%	7:52:30	35:00:00	27:07:30	78%	26:59:00	35:00:00	77%	79,733.19	65,895.20	83%	64%
44	19/08/2019	34	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:45:00	3:32:30	0:50:00	94%	3:42:30	18:00:00	14:17:30	79%	14:00:00	18:00:00	78%	41,005.64	33,888.96	83%	64%
45	21/08/2019	34	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:35:48	0:50:00	92%	2:53:12	10:59:00	8:05:48	74%	8:00:00	10:59:00	73%	33,399.15	26,093.09	78%	57%
46	21/08/2019	34	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:43:24	0:50:00	96%	2:58:36	10:59:00	8:00:24	73%	8:00:00	10:59:00	73%	31,311.71	26,093.09	83%	61%
47	22/08/2019	34	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:44:12	0:50:00	97%	3:49:48	20:00:00	16:10:12	81%	15:59:00	20:00:00	80%	59,380.41	50,322.38	85%	68%
48	22/08/2019	34	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:42:12	0:50:00	95%	2:57:48	14:59:00	12:01:12	80%	11:59:00	14:59:00	80%	43,976.17	36,343.94	83%	66%
49	26/08/2019	35	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:42:12	0:50:00	95%	1:47:48	8:59:00	7:11:12	80%	7:00:00	8:59:00	78%	25,161.19	20,967.66	83%	65%
50	27/08/2019	35	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:39:24	0:50:00	94%	1:50:36	10:00:00	8:09:24	82%	8:00:00	10:00:00	80%	31,954.71	25,161.19	79%	63%
51	27/08/2019	35	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	2:50:00	2:39:24	0:50:00	94%	0:51:36	8:00:00	7:08:24	89%	6:59:00	8:00:00	87%	24,443.63	20,035.76	82%	72%
52	28/08/2019	35	Agosto	Alambre Semielab Cu Blando 12AV	3:45:00	3:38:00	0:50:00	97%	3:46:00	17:59:00	14:13:00	79%	14:00:00	17:59:00	78%	38,878.17	32,947.60	85%	66%
53	31/08/2019	35	Agosto	CB/N2XOH 0.6/1 kV 185 mm2 (01) N	2:30:00	2:24:00	0:50:00	96%	1:56:00	9:59:00	8:03:00	81%	7:59:00	9:59:00	78%	36,000.11	29,508.28	82%	66%
54	2/09/2019	36	Setiembre	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:58:24	0:50:00	99%	1:50:36	10:00:00	8:09:24	82%	8:00:00	10:00:00	80%	31,451.49	25,161.19	80%	64%
55	3/09/2019	36	Setiembre	Alambre Semielab Cu Blando 10AV	3:00:00	2:50:00	0:50:00	94%	3:05:00	15:00:00	11:55:00	79%	12:00:00	15:00:00					

DATA POSTEST																			
Nº	Fecha	Semana	Mes	Producto	Tiempo Disponible	Tiempo consumido por cambio	Refri. + Seg.	TPC	Tiempo para Mantenimiento Correctivo	Tiempo Operativo	Tiempo real disponible	DM	Tiempo Programado	Tiempo real producido	EFICIENCIA	Cantidad Programada	Cantidad Producida	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1	1/07/2020	27	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:30:19	0:50:00	93%	1:49:20	13:56:24	12:07:04	87%	11:53:09	13:56:24	85%	51,999.80	43,679.83	84%	72%
2	1/07/2020	27	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	2:58:07	0:50:00	94%	1:45:14	11:12:00	9:26:46	84%	8:47:12	11:12:00	78%	42,524.28	36,570.88	86%	67%
3	1/07/2020	27	Julio	CB/N2X2C2W(20) 15 kV 350 kcmil N	3:50:00	2:40:09	0:50:00	94%	1:15:18	6:49:38	5:34:29	82%	5:39:23	6:49:38	83%	25,509.51	23,295.58	91%	75%
4	2/07/2020	27	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:33:05	0:50:00	95%	1:33:12	11:36:22	10:03:10	87%	8:53:47	11:36:22	77%	42,606.29	34,085.03	80%	61%
5	3/07/2020	27	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:00:00	2:49:35	0:50:00	94%	1:25:46	8:00:00	6:34:14	82%	7:16:48	8:00:00	91%	32,206.33	26,409.19	82%	75%
6	7/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:30:14	0:50:00	93%	1:41:56	8:14:15	6:32:19	79%	6:52:48	8:14:15	84%	31,311.71	28,180.54	90%	79%
7	7/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:35:07	0:50:00	94%	1:07:21	7:00:25	5:53:04	84%	6:18:00	7:00:25	90%	24,741.84	19,546.05	79%	71%
8	9/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:00:00	2:50:04	0:50:00	94%	0:32:19	6:14:24	5:42:05	91%	5:51:58	6:14:24	94%	23,288.08	18,863.35	81%	76%
9	9/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:00:00	2:44:44	0:50:00	92%	0:57:21	5:13:37	5:16:16	85%	5:13:12	6:13:37	84%	22,179.12	19,074.05	86%	72%
10	29/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:50:00	3:30:46	0:50:00	92%	2:18:40	14:44:47	12:26:07	84%	12:10:48	14:44:47	83%	36,878.17	33,824.01	91%	72%
11	10/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:31:16	0:50:00	94%	1:00:22	6:50:24	5:50:02	85%	6:22:12	6:50:24	93%	26,792.01	22,505.29	84%	78%
12	10/07/2020	28	Julio	CB/THW(90) 0.45/0.75kV 6 AWG RO	2:50:00	2:38:33	0:50:00	93%	1:15:59	5:43:35	4:27:36	78%	4:00:00	5:43:35	70%	24,354.40	20,944.79	86%	60%
13	11/07/2020	28	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:45:00	3:29:35	0:50:00	93%	1:52:39	9:57:36	8:04:57	81%	7:20:00	9:57:36	74%	38,170.46	33,208.30	87%	64%
14	13/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:30:36	0:50:00	94%	2:45:36	11:02:49	8:17:12	75%	8:30:00	11:02:49	77%	39,922.42	32,736.99	82%	63%
15	14/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:45:00	3:28:17	0:50:00	93%	1:14:30	8:24:00	7:09:30	85%	6:38:24	8:24:00	79%	31,451.49	26,733.77	85%	67%
16	14/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:17:18	0:50:00	95%	1:39:03	11:28:48	9:49:45	86%	9:40:48	11:28:48	84%	32,300.42	27,778.36	86%	73%
17	15/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:30:00	3:20:24	0:50:00	95%	1:21:08	10:46:02	9:24:54	87%	8:53:47	10:46:02	83%	29,991.73	24,293.30	81%	67%
18	15/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:50:00	3:33:45	0:50:00	93%	6:40:49	38:14:09	31:33:20	83%	29:45:00	38:14:09	78%	106,750.22	93,940.20	88%	68%
19	16/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:20:15	0:50:00	89%	1:48:06	12:45:00	10:56:54	86%	10:19:12	12:45:00	81%	47,554.65	40,897.00	86%	70%
20	17/07/2020	29	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:40:00	3:30:00	0:50:00	95%	2:17:37	12:57:36	10:39:59	82%	10:12:00	12:57:36	79%	37,659.11	30,880.47	82%	65%
21	19/07/2020	30	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:28:17	0:50:00	93%	1:44:40	12:47:12	11:02:32	86%	11:25:31	12:47:12	89%	49,621.60	39,201.06	79%	72%
22	21/07/2020	30	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:18:37	0:50:00	96%	2:21:17	14:45:36	12:24:19	84%	11:37:12	14:45:36	79%	41,005.64	37,315.13	91%	71%
23	22/07/2020	30	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:07:14	0:50:00	92%	2:03:55	18:40:00	16:38:05	85%	14:44:47	18:40:00	79%	50,245.09	45,220.58	90%	75%
24	22/07/2020	30	Julio	CB/THW(90) 0.45/0.75kV 6 AWG RO	2:50:00	2:37:52	0:50:00	95%	1:07:52	5:41:01	4:09:07	79%	4:09:00	5:41:01	79%	24,860.63	20,860.63	84%	64%
25	29/07/2020	31	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:28:09	0:50:00	93%	0:32:18	6:43:12	6:10:54	92%	6:04:32	6:43:12	90%	23,752.17	19,476.78	82%	74%
26	29/07/2020	31	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:19:23	0:50:00	96%	1:40:23	9:52:48	8:12:25	83%	8:54:00	9:52:48	90%	30,147.05	22,816.17	79%	71%
27	30/07/2020	31	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:14:22	0:50:00	94%	3:35:45	22:19:02	18:43:17	84%	19:04:34	22:19:02	85%	66,924.81	60,232.33	90%	77%
28	31/07/2020	31	Julio	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:48:01	0:50:00	101%	1:06:34	6:48:00	5:41:26	84%	5:20:24	6:48:00	79%	23,399.91	20,591.92	88%	69%
29	2/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	4:00:00	3:57:10	0:50:00	99%	3:47:37	21:19:12	17:31:35	82%	17:59:06	21:19:12	84%	61,282.54	49,026.03	80%	67%
30	3/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:30:00	3:23:26	0:50:00	97%	2:26:52	13:25:34	10:58:41	82%	10:39:55	13:25:34	79%	36,036.44	32,793.16	91%	72%
31	3/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:50:00	3:41:10	0:50:00	96%	2:12:05	11:50:13	9:38:08	81%	8:54:36	11:50:13	75%	34,265.50	31,181.61	91%	68%
32	4/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:19:12	0:50:00	96%	0:58:23	5:22:38	4:24:15	82%	4:06:00	5:22:38	76%	15,320.63	13,941.78	91%	69%
33	6/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	4:30:00	4:10:18	0:50:00	93%	1:01:26	8:54:36	7:53:10	89%	7:39:00	8:54:36	86%	26,152.16	22,752.38	87%	75%
34	6/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:50:00	3:33:26	0:50:00	93%	1:43:28	9:56:46	8:13:18	83%	8:06:00	9:56:46	81%	26,475.75	20,915.84	79%	64%
35	6/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:30:00	3:10:19	0:50:00	91%	3:47:46	23:28:35	19:40:49	84%	17:49:12	23:28:35	76%	66,924.81	52,870.60	79%	60%
36	8/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:19:35	0:50:00	89%	1:04:58	7:27:22	6:22:24	85%	5:47:46	7:27:22	78%	24,951.52	20,210.73	81%	63%
37	8/08/2020	32	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:24:07	0:50:00	91%	1:07:05	7:42:00	6:34:55	85%	6:33:36	7:42:00	85%	30,193.43	25,966.35	86%	73%
38	10/08/2020	33	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:24:19	0:50:00	91%	1:17:59	7:32:46	6:14:46	83%	6:08:43	7:32:46	81%	26,037.17	22,391.97	86%	70%
39	12/08/2020	33	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:22:30	0:50:00	90%	1:10:34	7:38:09	6:27:35	85%	6:21:17	7:38:09	83%	25,012.09	22,510.88	90%	75%
40	14/08/2020	33	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:19:35	0:50:00	89%	1:04:49	6:43:12	5:38:23	84%	5:20:24	6:43:12	79%	24,266.57	20,141.25	83%	66%
41	15/08/2020	33	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:45:00	3:33:50	0:50:00	95%	2:46:38	14:39:52	11:53:14	81%	11:03:00	14:39:52	75%	51,869.33	44,088.93	85%	64%
42	16/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:27:30	0:50:00	89%	1:09:13	8:53:47	7:44:35	87%	7:21:59	8:53:47	83%	33,138.22	28,167.49	85%	70%
43	17/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:28:05	0:50:00	90%	2:30:56	12:28:01	9:57:05	80%	9:43:12	12:28:01	78%	47,839.81	41,142.24	86%	67%
44	19/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:30:00	3:13:08	0:50:00	92%	3:07:09	18:28:48	15:21:39	83%	14:46:32	18:28:48	80%	52,716.16	46,917.38	89%	71%
45	19/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 12AW	3:30:00	3:11:33	0:50:00	91%	2:07:33	19:33:00	17:25:27	89%	17:05:06	19:33:00	87%	53,116.24	47,804.61	90%	79%
46	20/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:35:45	0:50:00	94%	2:44:21	12:44:15	9:59:54	78%	10:24:00	12:44:15	82%	48,794.07	38,547.32	79%	65%
47	21/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:28:17	0:50:00	90%	0:33:33	6:43:12	6:09:39	92%	5:43:35	6:43:12	85%	24,443.63	20,777.09	85%	72%
48	21/08/2020	34	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:34:19	0:50:00	94%	1:53:15	11:36:22	9:43:07	84%	9:01:12	11:36:22	78%	40,928.87	35,608.12	87%	68%
49	24/08/2020	35	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:24:50	0:50:00	88%	0:34:39	5:15:00	4:40:21	89%	5:01:34	5:15:00	96%	21,605.08	19,660.62	91%	87%
50	25/08/2020	35	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:29:51	0:50:00	91%	1:04:33	7:00:25	5:55:52	85%	6:05:24	7:00:25	87%	25,161.19	19,877.34	79%	69%
51	27/08/2020	35	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	2:45:00	2:24:30	0:50:00	88%	1:45:43	11:27:59	9:42:16	85%	9:06:58	11:27:59	80%	41,264.35	33,424.13	81%	64%
52	27/08/2020	35	Agosto	Alambre Semiellab Cu Blando 10AW	3:40:00	3:16:18	0:50:00	89%	1:08:43	8:06:00	6:57:17	86%	7:12:00	8:06:00	89%	31,954.71	27,800.60	87%	77%
53	30/08/2020	36	Agosto	CB/THW-90 0.45/0.75 kV 35 mm2 N	3:10:00	2:59:31	0:50:00	94%	1:03:56	7:17:24	6:13:28	85%	6:01:12	7:17:24	83%	33,162.79	30,178.14	91%	75%
54	2/09/2020	36	Setiembre	CABLE/N2XY 600 V 500 kcmil DB NE4	2:15:00	2:10:41	0:50:00	97%	0:49:16	4:36:26	3:47:10	82%	4:11:10	4:36:26	91%	33,344.06	29,342.78	88%	80%
55	2/09/2020	36	Setiembre	CB CU/XLPE/SCR/LSZH 5kV 133% 50	3:20:00	3:08:36	0:50:00	94%	1:20:13	7:35:14	6:15:01	82%	6:51:56	7:35:14	90%	60			



Foto de la trefiladora bifilar



*Fuente elaboración propia*

Foto de la trefiladora bifilar



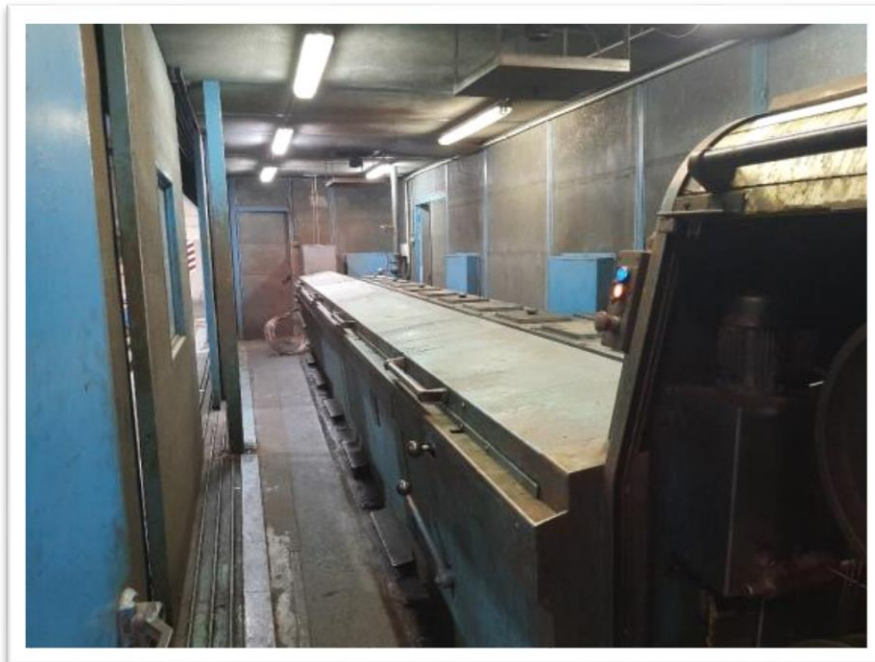
*Fuente elaboración propia*

Cámara de recosido de la trefiladora



*Fuente elaboración propia*

Foto de la cámara de dados de la trefiladora



*Fuente elaboración propia*